CONSERVING WETLANDS IN MANAGED FORESTS

wetlands

ISSUES PAPER, No. 1993 - 2

PUBLISHED IN PARTNERSHIP WITH:

Canadian Wetlands Conservation Task Force

CANADIAN PULP AND PAPER ASSOCIATION
L'ASSOCIATION CANADIENNE DES PÂTES ET PAPIERS

National Round Table on the Environment and the Economy
Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie

CANADA ONTARIO
Northern Ontario Development Agreement
Entente de développement du nord de l'Ontario
Forestry • Foresterie

North American Wetlands Conservation Council (Canada)

Printed 1993
Ottawa, Ontario
ISBN 0-662-20598-7
Cat. No. CW69-10/1993-2E

This paper was prepared by Mr. Gregg Sheehy, Environmental Consultant, Arnprior, Ontario, under contract to the Canadian Wetlands Conservation Task Force. Funding for this project has been provided by the Canadian Pulp and Paper Association, the National Round Table on the Environment and the Economy, and the Northern Ontario Development Agreement, Northern Forestry Program.

The Canadian Wetlands Conservation Task Force, established in 1991 by the Minister of the Environment through the North American Wetlands Conservation Council (Canada), includes: Canadian Pulp and Paper Association, Canadian Federation of Agriculture, Canadian Institute of Planners, Wildlife Habitat Canada, Ducks Unlimited Canada, National Round Table on the Environment and the Economy, and Canadian Wildlife Service, Environment Canada.

The *Sustaining Wetlands Issues Paper Series* is published by the Secretariat to the North American Wetlands Conservation Council (Canada). The series is devoted to the publication of reports concerning wetland management, policy, and science issues of national interest in Canada. The objective of this series is to make Canadians more aware of the importance of the wise use and conservation of wetland ecosystems and their natural resource values.

Copies of this report are available from the:

Secretariat
North American Wetlands Conservation Council (Canada)
Suite 200, 1750 Courtwood Crescent
Ottawa, Ontario K2C 2B5

Cover: *Marsh, REPAP operating limits, Manitoba*
Photo: *G. Sheehy*

Également disponible en français sous le titre : *Conservation des terres humides dans les forêts aménagées*.

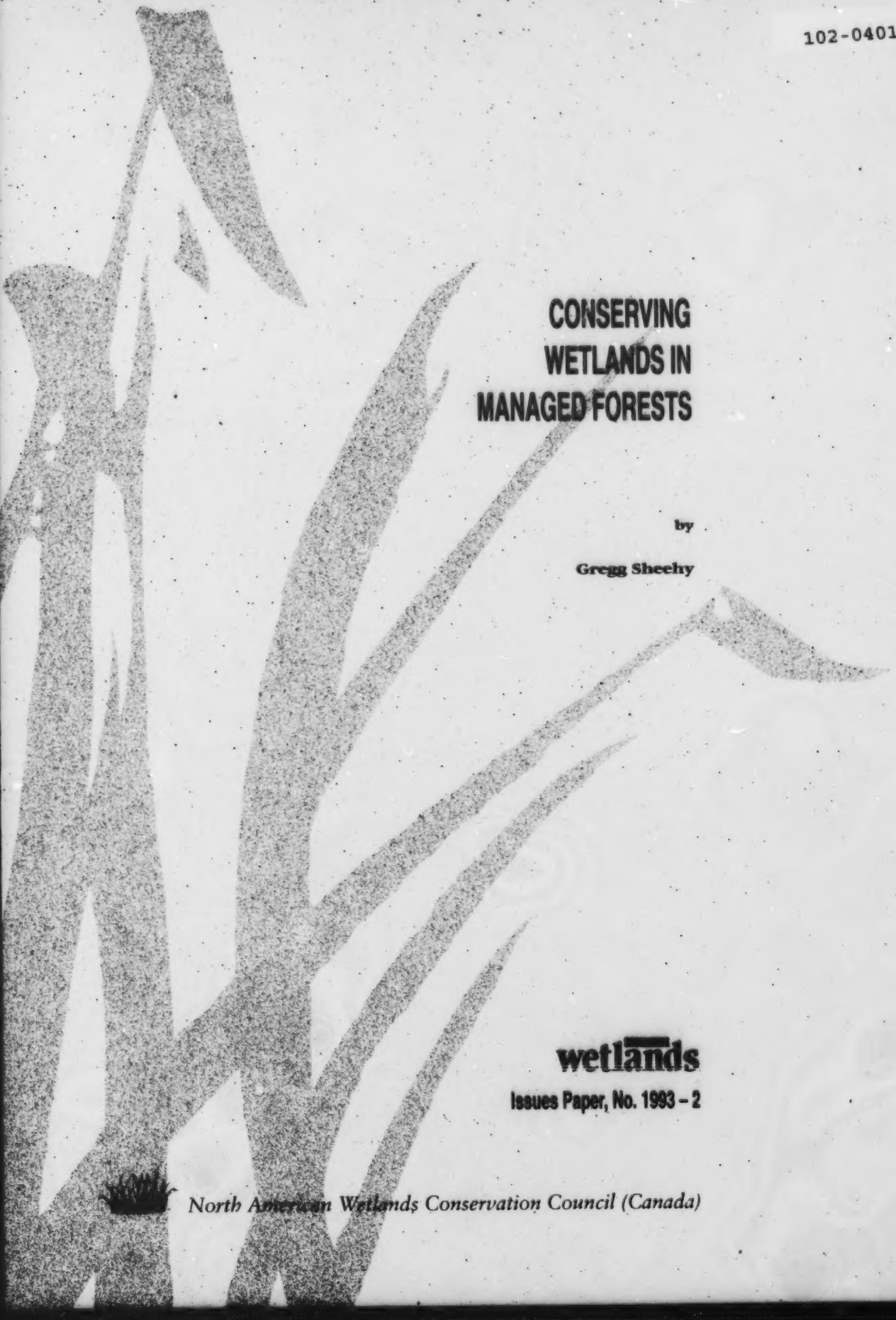
CHOIX ENVIRONNEMENTAL • ENVIRONMENTAL CHOICE •

Over 50% recycled paper including 10% post-consumer fibre.

M – An official mark of Environment Canada

Cover printed on recycled paper (50% recycled fibre, 10% post-consumer waste)
Interior pages printed on 100% recycled paper

102-04019/



CONSERVING WETLANDS IN MANAGED FORESTS

by

Gregg Sheehy

wetlands

Issues Paper, No. 1993 – 2

North American Wetlands Conservation Council (Canada)

Foreword iv
Acknowledgements iv
Summary v

Table of Contents

Introduction 1
Wetlands in Canada's Forests 4
What is a Wetland? 4
Wetland Development and Classification 4
Why be Concerned about Wetlands? 5
Canada's Move to Conserve Wetlands 5
Forestry and Wetlands 8
Forestry Values and Uses 8
Potential Impacts of Forestry Operations on Wetlands 8
Operations on Wetland Sites 9
Upland Operations near Wetlands 10
Draining Treed Wetlands for Forestry 10
Forest Access 12
Measures to Remedy or Reduce Impacts of Forestry Operations 12
Site-Specific Forestry — the Ontario Experience 12
Consulting the Experts 14
Planning for Wildlife Habitat 15
Cooperation for Wetland Conservation 17
Protecting Sensitive Aquatic Features 18
Best Management Practices — the U.S. Experience 19
Environmental Protection in Forest Drainage 20
Other Handbooks and Manuals 20
Conclusion 21
References 23
Figures
1. Distribution of Wetlands in Canada 2
2. Wetland Regions of Canada 3
3. Translating wetland functions into benefits valued by society 6

Foreword

From the Canadian Pulp and Paper Association

In April 1992, the Canadian Pulp and Paper Association (CPPA) issued *A Statement by the Pulp and Paper Industry on Wetlands*. The statement recognizes the importance of Canadian wetlands to the environment, and underlines the industry's commitment to recognizing all resource values of wetlands in its forest land management planning and decision-making processes.

But such a statement of intent needs to be backed up by action — action to ensure that the industry improves its knowledge of wetlands and the effects of forestry activities, and that this information reaches those who can effect forest practices based on this scientific foundation.

The sponsorship of this project will help the industry fulfil its commitment to sustaining wetlands. This report provides an introduction to wetland-forestry interactions. It will assist land managers to pursue wetland conservation in their forestry operations. The paper describes the potential impacts of forestry operations on wetlands and presents a variety of wetland-compatible forestry practices.

The CPPA is proud to be a partner in this venture, along with the Canadian Wetlands Conservation Task Force, the National Round Table on the Environment and the Economy, the federal-provincial Northern Ontario Development Agreement, (Northern Forestry Program), and the North American Wetlands Conservation Council (Canada). Such coordinated, cooperative efforts involving all stakeholders are the key to realizing wetland conservation in the context of sustainable development. The CPPA and its member companies will continue to work with government agencies and wetland conservation groups to incorporate the wise use of wetland resources in their forest management activities.

Acknowledgements

Many people contributed their time and expertise to the research and preparation of this paper. Particular thanks are due to Kenneth Cox of the Canadian Wetlands Conservation Task Force and Jean-Pierre Martel of the Canadian Pulp and Paper Association for their direction throughout the course of the project. John Jeglum and Art Groot of Forestry Canada provided essential background information and valuable advice in reviewing the draft paper. Abitibi-Price Inc. (Iroquois Falls, Ontario), Corner Brook Pulp and Paper Limited (Corner Brook, Newfoundland) and REPAP Manitoba (The Pas, Manitoba) provided an invaluable on-the-ground perspective on wetland conservation problems and solutions. For their considerable efforts and assistance with field visits to their operations, special thanks are due to Rod Gemmell of Abitibi-Price, George VanDusen and Wayne Brown of Corner Brook Pulp and Paper, and Chris Smith and Doug Taylor of REPAP Manitoba. Thanks also to Hélène Dorval of Domtar for her draft review and advice.

French language translation services have been provided by the Canadian Wildlife Service of Environment Canada.

Summary

This paper describes the nature and importance of wetlands in the forested regions of Canada. It describes potential impacts of forestry practices on wetland ecosystems and suggests measures to prevent or reduce these impacts. A variety of wetland-compatible forestry practices are presented.

Wetlands, some of Canada's most productive wildlife habitats, provide numerous economic benefits. The term "wetland" is used to describe areas which have ground water at or close to the surface all or most of the time. Wetlands are subdivided into five "classes": bog, fen, swamp, marsh, and shallow open water. Swamps have the greatest potential for forestry. In Canada, most of the wood harvested from swamps is black spruce. Other commercially important species include tamarack and eastern white cedar. With drainage, or drainage and fertilization, the forestry potential of many treed wetlands can be improved. However, the costs of forest drainage works can be significant, and the practice has not been extensive in Canada.

Two broad categories of forestry activity may affect wetlands: operations on wetland sites, and upland operations near wetland areas. Harvesting is the dominant forestry activity in wetlands. It is potentially damaging due to the sensitivity of wetland sites to damage by machinery and the resulting inhibition of regeneration. Upland logging operations can result in water quality effects on wetlands.

Forest access routes—roads and skid trails—can have the most extensive impacts in both upland and wetland forestry. Roads that cross wetlands frequently block drainage. The common result is flooding on the upstream side of the road with subsequent killing of woody vegetation and partial drying of the downstream area. Roads on wet sites may require extensive preparation of the road bed, with a variety of measures to handle drainage.

Draining wetlands can have a range of effects depending on the extent and intensity of the drainage works. These include: depletion of nutrients on the site, disruption of the natural runoff regime, and impaired water quality in adjacent streams or lakes.

Forestry agencies and forest product companies in a number of jurisdictions have developed measures to deal with wetland conservation concerns. These include new silvicultural measures to reduce disturbance of wet sites, road construction techniques to maintain drainage and control erosion, and forest management approaches which integrate wildlife conservation measures with timber supply. Research and development efforts in a number of areas are improving the ability of companies to carry out forestry operations that are wetland-compatible.

This study recommends a number of measures for wetland-compatible forestry:
(1) *Good road construction*, with adequate provision for drainage and revegetation of roadsides susceptible to erosion.
(2) *Site classification systems* for wetlands, which identify site types with predictable responses to silvicultural treatments, expanded into the non-commercial forested wetlands and the open wetlands.
(3) *Careful planning of harvesting operations*, using good site-type information.
(4) *Winter logging* to minimize site damage. Where summer wetland operations are unavoidable, site-specific information should be used to select the least fragile sites, and low ground-pressure equipment should be used.
(5) *Programs to inform* industry planning and operations staff of the values of wetlands so that they may consider these values in cutblock design, block layout and harvest supervision.

(6) *Training for equipment operators,* to recognize sensitive sites and avoid damaging practices.

(7) *Development of special expertise* by the forest industry, to ensure that wetland values are incorporated effectively in planning and executing forestry operations.

(8) *Cooperative habitat conservation efforts* involving industry, government agencies and conservation groups.

(9) *Research and development* in the areas of low ground-pressure equipment and careful logging.

(10) *Codes-of-practice and guidelines* that include wetland conservation considerations adapted for specific regions in Canada.

(11) *Design of shoreline buffers and filter strips* which consider the characteristics of individual sites rather than following strict guidelines for the width of reserves.

(12) *Further environmental assessment of forest drainage proposals,* as a tool for identifying and alleviating the impacts of forest drainage.

Introduction

Wetlands, some of Canada's most productive wildlife habitats, provide numerous economic benefits. They are home to hundreds of thousands of waterfowl; provide recreational benefits such as hiking, bird-watching, and photography; help maintain the quality of our lakes, rivers and drinking water supplies; and provide timber worth more than $500 million per year to industrial production (National Wetlands Working Group 1988).

Canadians are becoming increasingly aware of the importance of these areas and of the need to accommodate wetland concerns in land management decisions. The forestry sector manages private and public lands which include extensive wetland areas; forest land managers should become familiar with the different types of wetlands and be aware of the special conservation needs of these sites.

Wetlands cover 14% of Canada, or 127 million ha. Boreal peatlands, which include forested and partially treed areas, comprise about 70% of the nation's wetlands (Canadian Pulp and Paper Association 1992). The distribution of wetlands in Canada is primarily determined by climate and landform. Where water inputs from precipitation exceed losses from evapotranspiration, and topography and soil conditions restrict movement of runoff or groundwater, wetlands may develop. The greatest concentration occurs in a belt from northwestern Quebec across central Manitoba and Saskatchewan to northern Alberta and the Mackenzie Valley (Figure 1).

This paper describes the nature and importance of wetlands in the forested regions of Canada. It describes potential impacts of forestry practices on wetland ecosystems and suggests measures to prevent or reduce these impacts. A variety of wetland-compatible forestry practices is presented; these are practical measures currently used in Canad. and other countries.

The research for this paper included visits to the operations of three forest companies within the Canadian boreal forest. The Boreal Wetland Region (Figure 2) was chosen as the focus because it contains the majority of Canada's wetlands and is the largest area of commercially accessible forest land (Haavisto *et al.* 1988). The companies, Abitibi-Price in Iroquois Falls, Ontario, Corner Brook Pulp and Paper in Corner Brook, Newfoundland, and REPAP Manitoba in The Pas, Manitoba, were selected because all have significant wetlands within their operating limits. Each has taken specific measures to address wetland conservation concerns.

This is not an exhaustive study of wetland-forestry interactions, nor is it a comprehensive assessment of the impacts of any company's operations. The objective is to identify workable solutions to conservation problems through discussion with knowledgeable industry representatives.

Although the issues highlighted in this paper are particularly applicable to the Boreal Wetland Region, they also apply to many other parts of the country. Wetlands are broadly distributed throughout Canada, and forestry operations in any province or territory could have implications for these important habitats. Thus the impacts and remedial measures described in this report should interest forest land managers concerned with riparian wetlands in the mountains of Alberta and British Columbia, estuaries and marshes on the east and west coasts and the hardwood swamp forests of southern Ontario.

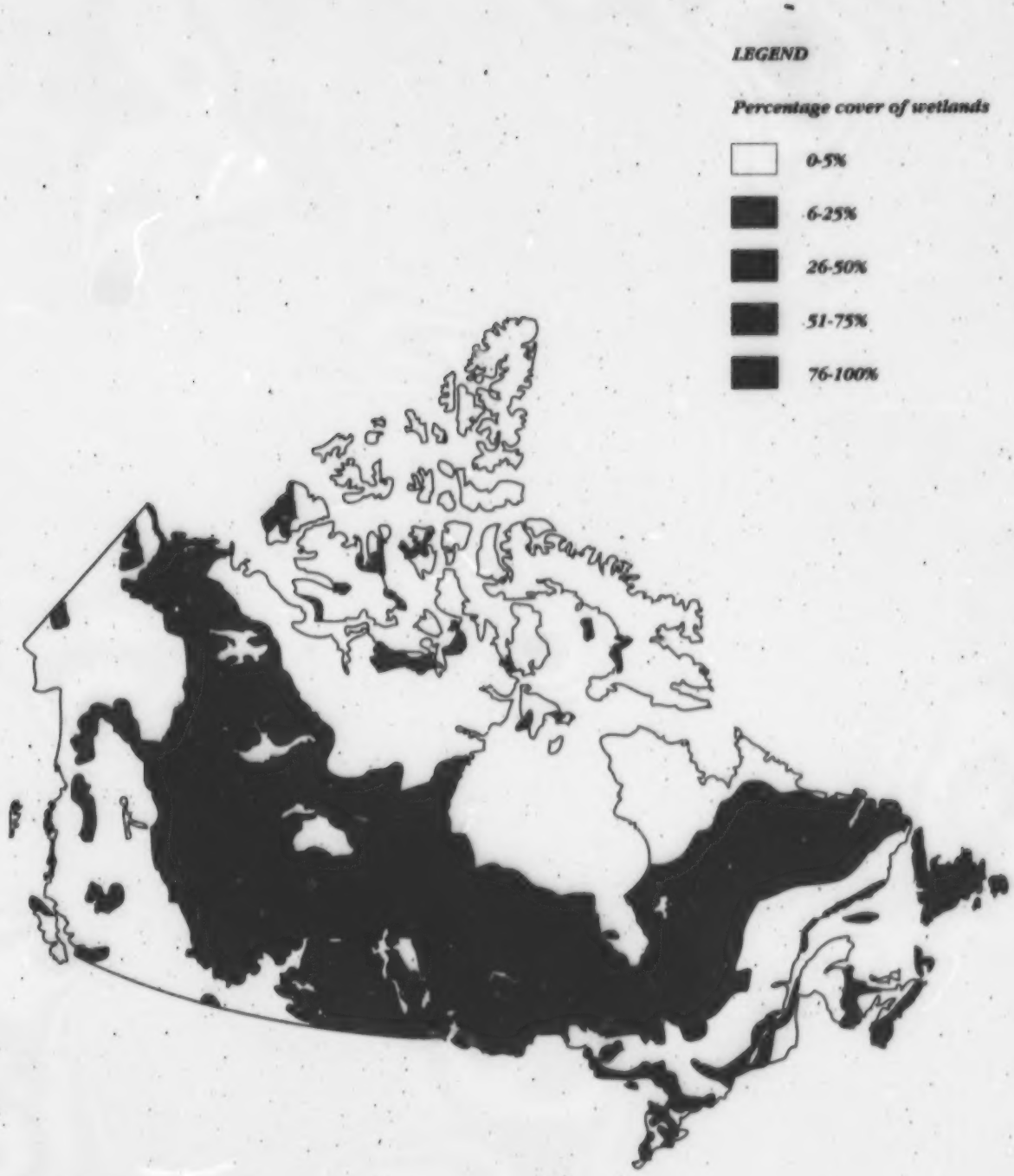


Figure 1 - Distribution of Wetlands in Canada

Source: National Wetlands Working Group (1986).

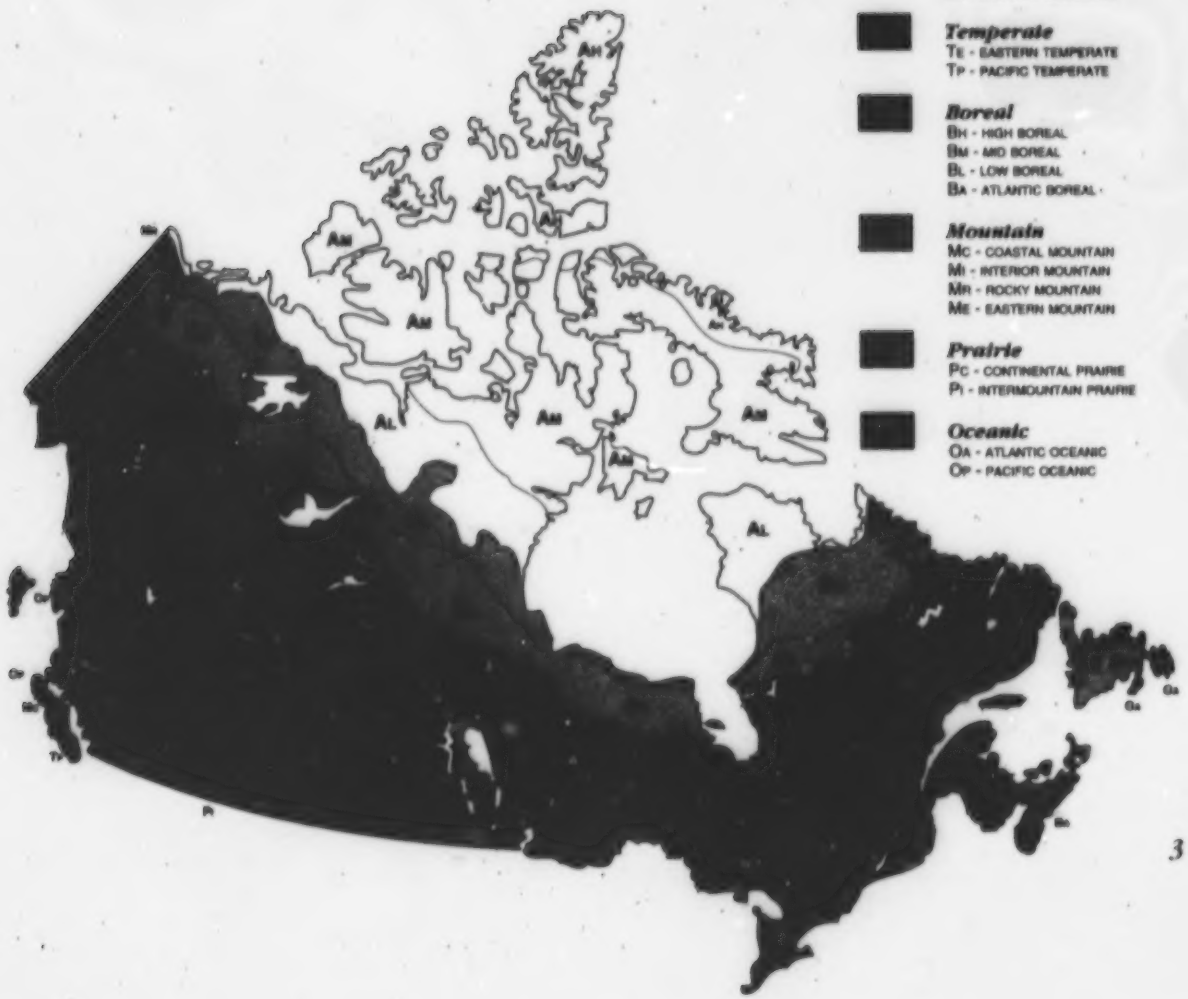


Figure 2 - Wetland Regions of Canada

Source: National Wetlands Working Group (1986).

Wetlands in Canada's Forests

What is a Wetland?

The term "wetland" is used to describe land that is saturated with water long enough to promote wetland or aquatic processes (National Wetlands Working Group 1988). A "peatland" is a wetland on which 40 cm or more of organic material has accumulated. Accumulation of peat can occur when climatic and other physical conditions result in a rate of production (growth) of plant materials such as mosses, reeds, or sedges which exceeds the rate of decomposition. About 90% of the wetlands in Canada are classed as peatlands (National Wetlands Working Group 1988).

Wetlands are dynamic ecosystems which continue to evolve and change over time. In Canada, wetlands have developed since the retreat of glacial ice about 10 000 to 12 000 years ago. The rate at which wetlands evolve is controlled by a complex interaction of climatic, biological, hydrological and related factors.

Wetland Development and Classification

Wetlands are subdivided into five "classes": bog, fen, swamp, marsh, and shallow open water. Definitions of these terms and methods for wetland differentiation have been developed for Canada by the National Wetlands Working Group (NWWG) (NWWG 1988). Each of the five classes can be further subdivided into various "forms" based on landscape, hydrological and other physical factors and "types" related to vegetation characteristics.

In the initial stages of wetland development, when vegetation obtains its nutrients from soil and groundwater, a wetland is termed "minerotrophic". All marsh, swamp and fen communities are minerotrophic, with conditions ranging from high base rich and high pH to low base rich and low pH. This range of rich to poor conditions results in a range of plant species numbers, usually higher in rich environments, and lower in poor.

In peatlands, as the organic layer accumulates, access to nutrients in the underlying soil is reduced and the vegetation must obtain its requirements from groundwater seepage. The type of vegetation and the diversity of species tend to reflect this change in nutrient regime. Plants such as mosses (*Sphagnum* spp.) and sedges (*Carex* spp.) become common and the overall diversity of species becomes lower.

The accumulation of peat can result in the surface of the wetland being isolated from the surrounding mineral-soil influenced groundwaters. The surface vegetation is then virtually unaffected by mineral-soil influenced waters, and it obtains nutrients from precipitation. The wetland is termed "ombrotrophic" and includes plants such as mosses (*Sphagnum* spp.), sedges (*Carex* spp.), and low, ericaceous shrubs. The diversity of species tends to be low, presumably due to the acidic, low base cation environment. Such conditions are typical of the "bog" class of wetlands.

Trees are commonly found in the bog, fen and swamp classes of wetlands but most marsh and shallow water wetlands are treeless across Canada.

A detailed discussion of wetland classification is presented in *Wetlands of Canada* (NWWG 1988). A brief summary of the major wetland classes is presented below.

Bog

An ombrotrophic peatland (dependent on nutrients from precipitation and air) with the water table at or near the surface. Bogs may be open or treed. Vegetation species tend to show a limited diversity due to the acid, nutrient-poor environment with *Sphagnum* mosses and ericaceous (heath-type) shrubs common.

Fen
A minerotrophic peatland with the water table close to the surface. Vegetation may include sedges, grasses, reeds, brown mosses, certain *Sphagnum* species, ericaceous shrubs, medium height shrubs, and trees.

Swamp
A minerotrophic wetland or peatland with standing or gently flowing waters occurring in pools or channels. The water table is usually at or close beneath the surface. The vegetation is characterized by a dense cover of deciduous or coniferous trees or shrubs, herbs, and some mosses.

Marsh
A minerotrophic wetland that is periodically inundated by standing or slowly moving waters. Surface water levels may fluctuate seasonally and vary from fresh to highly saline. Vegetation includes emergent sedges, grasses, rushes and reeds, which may have interspersed areas of open water and aquatic plants.

Shallow Open Water
A minerotrophic wetland that is intermittently or permanently flooded and has open expanses of standing or flowing water. Shorelines, mud flats, shallow lakes, ponds, pools, oxbows, channels and similar features are included in this class. Vegetation, when present, consists of submerged and floating aquatic plant forms.

Riparian zones, areas along stream banks or lake shores, may include a variety of wetland types and are highly productive for wildlife. They provide water, food and cover for many different species and can serve as important travel corridors for larger species (Nova Scotia Department of Lands and Forests - undated). Swamps or treed fens may occur as *basins* surrounded by upland forest.

The major wetland forms that occur in areas of Canada where forestry activity takes place are listed in the sidebar.

Why be Concerned about Wetlands?

Wetlands were once viewed as wastelands—impediments to progress which could only be made useful by drainage and conversion to agriculture or urban development. Canadians are becoming increasingly aware, however, that wetlands have many important functions. Indeed, marshes, swamps, fens and bogs are essential components of the earth's ecosystems. They have their own characteristic roles in natural cycles, distinct wildlife habitats and important economic values.

As elements of a broader landscape, wetlands form important links between uplands and the open water of lakes and streams. They help maintain the natural cycles and life-support systems on which all resource use depends. The effects of degradation or loss of a wetland can have far-reaching effects on the larger ecosystem.

Some wetlands are valued because of their uniqueness, while others are important because of cumulative losses of these habitats over past decades (Bond *et al.* 1992). The more we study wetlands, the more we learn about their ecological, social and economic value. Among the important wetland functions which have been identified are: habitat for numerous species of plants and animals, control of flooding and erosion, protection of surface and ground water quality, recreation, timber production and ecological research (Figure 3).

Canada's Move to Conserve Wetlands

In recent years, wetland values have increasingly been recognized in government and industry policy. Canada signed the Ramsar Convention on Wetlands of International Importance in 1981. Thirty-one Canadian sites have been designated to date, and all provinces and territories are represented in the system. In 1986, the Canadian and United States federal

Main Wetland Forms in Managed Forests in Canada

Wetlands of Canada **(National Wetlands Working Group 1988) provides descriptions and classification of 70 wetland forms in Canada. The major wetland forms that occur in areas of Canada where forestry activity takes place include:**

- **domed bogs**
- **northern plateau bogs**
- **basin bogs**
- **slope bogs**
- **horizontal fens**
- **basin fens**
- **spring fens**
- **northern ribbed fens**
- **basin swamps**
- **stream swamps**
- **floodplain swamps**
- **delta marshes**
- **shore marshes**
- **floodplain marshes**

FUNCTIONS – (CAPABILITIES)	EXAMPLES OF PRODUCTS, SERVICES AND EXPERIENCES SUPPORTED BY WETLANDS	EXAMPLES OF BENEFITS TO SOCIETY DERIVED FROM WETLANDS
[illegible]		
Regulation/Absorption	Climate regulation, toxics absorption, stabilization of biosphere processes, water storage, cleansing.	Flood control (lives saved, $ saved), contaminant reduction, clean water, storm damage reduction, health benefits, erosion control.
Ecosystem Health	Nutrient cycling, food chain support, habitat, biomass storage, genetic and biological diversity.	Environmental quality, maintenance of ecosystem integrity, risk reduction (and related option values).
[illegible]		
Science/Information	Specimens for research, zoos, botanical gardens, representative and unique ecosystems.	Greater understanding of nature — locations for nature study, research, education (field trips).
Aesthetic/Recreational	Non-consumptive uses such as viewing, photography, bird-watching, hiking, swimming.	Direct economic benefits to users' personal enjoyment and relaxation, benefits to tourist industry, local economy.
Cultural/Psychological	Wetland uses may be part of traditions of communities, religious or cultural uses, future (option) opportunities.	Social cohesion, maintenance of culture, value to future generations, symbolic values.
[illegible]		
Subsistence Production	Natural production of birds, fish, plants (e.g. berries, rushes, wild rice).	Food, fibre, self-reliance for communities, import substitution, maintenance of traditions.
Commercial Production	Production of foods (e.g. fish, crops), fibre (e.g. wood, straw), soil supplements (e.g. peat).	Products for sale, jobs, income, contribution to GNP.

Figure 3 - Translating wetland functions into benefits valued by society.

Adapted from deGroot, 1988 and Filion, 1988.

governments signed the *North American Waterfowl Management Plan (NAWMP)* (Environment Canada and U.S. Department of Interior 1986), which focuses on the rejuvenation of waterfowl and other migratory bird and wildlife populations through the conservation of uplands and wetlands. The *NAWMP* will affect over 2.4 million ha of high quality wetland and upland habitat in Canada (NAWMP Committee 1989).

The Government of Canada has adopted the *Federal Policy on Wetland Conservation* (Government of Canada 1991). Goals of the policy include:

- no net loss of wetland functions on all federal lands and waters;
- enhancement and rehabilitation of wetlands in areas where the continuing loss or degradation of wetlands or their functions have reached critical levels; and
- recognition of wetland functions in resource planning, management and economic decision-making for all federal programs, policies and activities.

There are also a number of provincial and local initiatives, such as wetland inventories and evaluation programs (Bond *et al.* 1992). Ontario recently adopted a provincial wetland policy, and Alberta and Saskatchewan are currently developing wetland policies.

In April 1992, the Canadian Pulp and Paper Association (CPPA) released *A Statement by the Pulp and Paper Industry on Wetlands*. The Statement observes that the "pulp and paper industry contributes significantly to sustaining Canada's wetlands by recognizing wetland functions in its forest resource management planning process." Specific measures cited for sustaining wetlands include: winter harvesting of timber from peatlands, using specially-equipped machines; special precautions in planning the location and construction of roads, bridges, and culverts; appropriate studies prior to the drainage of peatlands; and, the application of provincial regulations and guidelines for work in and around wetlands. The Canadian Sphagnum Peat Moss Association (CSPMA) adopted the *CSPMA Preservation and Reclamation Policy* in 1991, while other industries are signalling their commitment to wetlands through conservation projects (Lynch-Stewart *et al.* 1993).

The CPPA Statement cites specific measures for sustaining wetlands: winter harvesting of timber from peatlands, using specially-equipped machines; special precautions in planning the location and construction of roads, bridges, and culverts; appropriate studies prior to the drainage of peatlands; and, the application of provincial regulations and guidelines for work in and around wetlands.

Forestry Values and Uses

The swamp wetland class, which occurs on wet mineral as well as organic soils, has the greatest potential for forestry. In Canada, most of the wood harvested from swamps is black spruce. Other commercially important species in swamps include tamarack and eastern white cedar. In addition to the spruce swamps, some areas of treed fen and hardwood swamps are also utilized (Jeglum 1991a).

Precise estimates of the amount of productive forest on wetland sites are unavailable for Canada. However, there are significant areas of partially treed or forested wetlands in most provinces. Black spruce dominated peatlands produce about 20% of all roundwood harvested in Ontario. Wetlands are also significant sources of forest production in other provinces such as Quebec, Alberta and Manitoba (Haavisto and Jeglum 1991).

Most harvesting on wetlands is by clearcutting, with natural regeneration from advance growth (young trees on the site at the time of logging) being the most common method of forest renewal. Natural regeneration is supplemented by planting. Other silvicultural treatments such as thinning, spacing, fertilization and drainage have been limited (Jeglum 1991a).

With drainage, or drainage plus fertilization, the forestry potential of many forested peatlands and wet mineral soil sites can be improved. Many such sites have been developed for forestry in Scandinavian countries. In Canada wetland drainage for forestry purposes has been limited, totalling less than 25 000 ha (Haavisto and Jeglum 1991). Drainage has been most extensive in Quebec, where the province subsidizes these works on private lands. In recent years, some 5 000 ha have been drained annually in Quebec, mainly on clearcut areas on private lands (Trottier 1991b). There is significant potential for increasing timber production through drainage of selected wetlands (Haavisto and Jeglum 1991).

Two broad categories of drainage may be recognized: intensive and extensive. Intensive drainage, aimed at increasing the productivity of the site, involves an engineered system of uniformly spaced ditches. The result is a high density of ditches intended to achieve an overall lowering of the water table for a site. With this approach, fertilizers may be used to address nutrient deficiencies or imbalances. Extensive drainage is a lower cost approach which involves more limited ditching to address particular problems. This may involve ditching in localized wet spots prior to harvesting and draining areas which have watered up following harvesting (Hånell 1991, Trettin *et al.* 1991, Jeglum 1993).

Forestry and Wetlands

The use of wetland drainage for forestry is limited by economics. Installing and maintaining ditches and applying fertilizer are expenses which must be justified by anticipated returns from increased tree growth and sale of forest products. These factors will probably continue to limit the amount of drainage work in Canadian forests. Without subsidization, intensive drainage is unlikely to become widespread; on the other hand, extensive drainage is more likely to be applied to reduce local watering up in cutting operations (Jeglum 1993).

Potential Impacts of Forestry Operations on Wetlands

Two broad categories of forestry activity may affect wetlands: operations on wetland sites and upland operations near wetland areas. Forest access routes—roads and skid trails—can have the most extensive impacts in both upland and wetland forestry. Draining wetlands can have a range of effects depending on the extent and intensity of the drainage works.

Operations on Wetland Sites

Operating on wetland sites can be of particular concern because of the greater potential for site damage compared with many upland sites and because of the ecological and social values of wetlands described earlier.

Harvesting can be a damaging activity on peatland due to the sensitivity of these sites to damage by machinery and the resulting inhibition of regeneration. Primary impacts of harvesting occur only on wetlands with merchantable trees, mainly treed swamps. For the most part, harvesting does not take place on shallow waters, marshes, thicket swamps, fens and bogs. These latter wetlands can be subject to secondary impacts caused by forest roads, erosion or changes in hydrology.

The major problems in harvesting are disruption of drainage and soil mixing. Rutting and ponding of water occurs as skidders break through the surface and churn up the underlying peat. Seedling survival may be limited due to frost heaving and erosion, and competition from sedges, grasses, cattails and alder may be severe (Jeglum *et al.* 1983, Groot 1987).

The first kind of harvesting on Canadian wetland forest sites was "horse logging", normally done in winter. This system resulted in minimal damage to the site and normally left sufficient advance growth to establish second growth forests. Mechanization of forestry following World War II brought the use of rubber-tired skidders, increasingly large clearcuts and year-round operations. This cut and skid logging method tended to destroy much of the advance growth, and summer operations led to considerable disturbance of the ground surface (Jeglum 1991). In recent years, industry and forestry agencies have worked to develop new silvicultural procedures to reduce site damage and ensure regeneration. Studies of wide-tired skidders by the Forest Engineering Research Institute in Quebec are noteworthy (Mellgren and Heidersdorf 1984). Also see a following section entitled "Site-Specific Forestry".

An Ontario Clay Belt study (Groot 1987) of harvesting in black spruce peatlands found that the degree of site disturbance was strongly related to site characteristics and the type of harvesting. The study considered three harvesting systems on two black spruce site types (black spruce/Labrador tea (*Ledum*) and black spruce/green alder (*Alnus*/herb-poor) according to the Clay Belt Forest Ecosystem Classification (FEC) system (Jones *et al.* 1983). For more information about the FEC, see a following section entitled "Site-Specific Forestry". The three harvesting systems were:

- felling by feller-buncher and full-tree forwarding by narrow-tired skidder in winter;
- feller-buncher and full-tree forwarding by wide-tired skidder in summer; and
- conventional summer harvesting (felling manually by chain saw and tree-length skidding by narrow-tired skidder in summer).

The *Ledum* site type is poorer in nutrients and has a better developed fibric peat and root mat that is not broken through by machines as readily as the *Alnus* herb-poor type. The *Alnus* herb-poor site type suffered considerably greater damage from summer conventional harvesting than the Ledum type. The amount of rutting on both site types appeared greatest for conventional summer harvesting. To reduce site damage, it was recommended that any area with a significant proportion of peatland should be scheduled for winter harvesting. The study did not consider the effects of disturbance at roadsides and landings which may involve 10-15% of the cutover area. An overall evaluation and planning for wetland forestry operations should consider these factors.

When harvesting takes place within the basin form of swamp or treed fen, they often can experience a rise in the local water table or "watering up", since the rate of evapotranspiration on the previously treed site, and the interception of precipitation, are reduced. Hence the water table rises quickly and remains so for a few years until vegetation is reestablished and acts to lower the water. Often these basins are damaged during harvesting and develop into cattail/grass/sedge conditions which are very difficult to regenerate (Jeglum 1993).

Heavy site preparation on wet sites in the summer should be avoided. It can damage potential seed beds, create conditions for development of severe competition from dense grasses and sedges, and cause excessive erosion and siltation (Jeglum 1993).

Landings located within wetlands or interfering with wetland drainage can impair water quality and degrade habitat (Maryland Department of Natural Resources 1992).

Upland Operations near Wetlands

Potential problems for upland forestry operations include water quality effects related to erosion and runoff from logging conducted near wetlands. Another concern is site damage to wetlands as a result of such careless forestry practices as using marshes, fens or bogs for landing sites and logging equipment straying into nearby wetlands. Marshes, fens and bogs are flat open areas which can make convenient spots for landings in winter. However, this practice can damage vegetation and can deposit debris which enters the wetland with the spring thaw.

In gaining access to upland timber, skidders or other equipment may cross a wetland, sometimes repeatedly, causing rutting and damage to vegetation.

Draining Treed Wetlands for Forestry

A number of significant changes can be expected from draining peatland forests. These include an increase in the rooting zone, due to the lowered water table, and an increased rate of decomposition of the surface peat with a release of nutrients for the forest cover. The resulting increases in tree growth affect the lower vegetation and its growing environment. Plant communities typical of wet environments would change to those more characteristic of drier sites (Heikurainen and Pakarinen 1982).

Forestry Canada and the Ontario Ministry of Natural Resources are currently involved in an experimental drainage project in the Clay Belt region near Cochrane, Ontario. The Wally Creek Drainage Project, begun in 1984, applied ditching techniques developed for forestry in Finland to 375 ha of lowland black spruce forest. It is intended as a pilot project to develop operational drainage prescriptions and to evaluate the feasibility of broader scale drainage in Canadian peatland forestry. Studies associated with the project address both tree and seedling growth in response to drainage, costs of treatments and environmental effects (Rosen 1986, Jeglum 1991b).

The following is a summary of the main impacts that drainage has on forested peatlands:

Significant growth increases in young black spruce were demonstrated in an experimental drainage project by the Alberta Forest Service in a black spruce swamp, including diameter growth 2.3 and volume growth 5.0 times greater than trees on undrained control sites (Hillman 1991). A Quebec study of a tamarack swamp five years after drainage found increases in the diameter of saplings of up to 85% versus 15% on undrained control plots. Height increased up to 64% versus 10% for controls (Trottier 1991a). These and other studies

in Finland and the United States have demonstrated varying degrees of increase in tree growth due to drainage, with the growth response being related to site characteristics and distance of the trees from the drainage ditch.

Nutrient depletion could be among the effects of drainage, by stimulating tree growth, or by lowering the water table and thereby increasing the effect of precipitation flushing out nutrients. However, Finnish researchers who studied nutrient stores in peat on a forest site 55 years after drainage found no drastic changes in nutrient status (Laiho and Laine 1991).

Disruption of the natural runoff regime can be one of the more serious concerns in forest drainage (Vompersky *et al.* 1992). A study for the Wally Creek Drainage Project in Ontario found increases in snowmelt and storm flows in one basin and decreases in another. Both basins showed increases in summer low flows. The occurrence of increases or decreases was linked to the nature of the drainage basins and the ditch systems. The study concluded that drainage does not necessarily adversely affect streamflow, especially if the area drained was only a portion of the catchment area (Berry 1991a).

Water quality effects of forest wetland drainage depend on the wetland type, the parent material of the underlying soil, plant species and climate. In Finland, discharge waters from peatland forest drainage projects have been found to have large quantities of organic matter, suspended solids and leached nutrients. The increase in suspended solids may be the most serious of these effects and the problem is most evident shortly after ditching (Joensuu 1991). Wally Creek researchers found that drainage increased pH and increased concentrations of ions and alkalinity in adjacent streams. They also found that water quality 5 km downstream of the outlet ditch was not significantly degraded.

However, only 7% of the subject watershed had been drained and they stated that water quality impacts could have been greater with more extensive drainage works (Berry 1991b).

Adverse effects on certain wetland plant communities could result from forestry practices that increase the availability of nutrients. University of Ottawa researchers studying a variety of wetland types in eastern Canada found that infertile (low standing crop) wetlands had higher species richness and many more rare species than did fertile wetlands (Moore *et al.* 1989, Wisheu *et al.* 1990). Depending on the initial conditions in an infertile wetland, eutrophication could either increase or decrease species richness. However, since rare plants were found to favour the low biomass sites, eutrophication could be cause for concern from a conservation standpoint.

The *ecological effects* of peatland drainage have been addressed by Finnish researchers for several decades. Predictions about the rate or direction of forest succession have proved inaccurate in some cases (Reinikainen 1991). This

Photo: G. Sheehy

A forest road restricting drainage, causing flooding on the upstream side.

indicates the need for better knowledge of the ecological effects of drainage to ensure the desired results and to avoid unforeseen environmental impacts.

Forest Access

Roads that cross wetlands frequently block drainage. The common result is flooding on the upstream side of the road with subsequent killing of woody vegetation and partial drying of the downstream area. The upstream area may therefore convert to open marsh or fen communities or to open water (Jeglum 1989). Disturbing a stream channel can affect both the direction and rate of flow, altering drainage patterns, increasing channel scour, erosion and flooding (Baker 1991).

Roads in upland areas can cause soil erosion and sedimentation of adjacent surface waters. Some of the causes include: changing or disturbing the natural flow of drainage channels, roads with steep gradients resulting in erosion, and drainage systems inadequate to divert water from road surfaces (Corner Brook Pulp and Paper Limited 1991).

Roads through wetlands tend to have a lower risk of erosion and sedimentation than those on many upland sites. However, the potential for other hydrological problems such as diversion or blocking of drainage is greater than for uplands (Baker 1991). Roads on wet sites may require extensive preparation of the road bed, with a variety of measures to handle drainage. The extent of these measures and the potential impact on wetland sites may be reduced considerably by accessing these sites in the winter using ice or winter roads which do not require a built-up grade.

Photo: Forest Engineering Research Institute of Canada

Shear blading, a technique to prepare a site for planting or seeding, is done during the winter to minimize site disturbance.

Measures to Remedy or Reduce Impacts of Forestry Operations

Forestry agencies and forest product companies in a number of jurisdictions have developed measures to deal with the wetland concerns described above. These include new silvicultural measures to reduce disturbance of wet sites, road construction techniques to maintain drainag$ and control erosion, and forest management approaches which integrate wildlife conservation measures with timber supply. Research and development efforts in a number of areas are improving the tools for wetland-compatible forestry operations. Several examples are presented here.

Site-Specific Forestry – the Ontario Experience

Recognition of the site damage and associated problems with regeneration, which can result from conventional logging techniques on peatland, has been an important incentive to develop the new "site-specific phase" (Rosen 1986) of peatland forestry in Ontario's Clay Belt. This latest stage in evolution from the

Photo: G. Storey

Low ground pressure logging equipment: a wide-tired skidder.

horse logging and wheeled skidder phases has a number of important aspects:

- the Forest Management Agreement (FMA) system transfers responsibility for regeneration from the Crown to companies;
- development of a detailed site classification, the Forest Ecosystem Classification (Jones *et al.* 1983); and
- innovations in equipment and silvicultural practices to improve regeneration success on peatland cutovers (Rosen 1986).

The FMA system was initiated in 1980 when Abitibi-Price in Iroquois Falls, Ontario became the Ontario Government's first FMA partner. Under FMAs, companies are responsible for the silvicultural work in their licence areas. This is intended to ensure prompt and effective regeneration of cutovers. The penalty for missing regeneration targets is a corresponding reduction in allowable cut (Haavisto *et al.* 1988). Companies are reimbursed for a portion of their regeneration costs based on agreed silvicultural systems termed "harvesting and regeneration options". These systems are developed for particular classes of sites according to the Forest Ecosystem Classification (FEC) (Ecological Services for Planning Ltd. 1987). The FEC identifies Clay Belt site types which have predictable responses to silvicultural treatments (Haavisto *et al.* 1988). This has resulted in development of criteria for harvesting and silvicultural prescriptions that aid forest managers in making informed decisions, resulting in reduced site impacts. Forestry field personnel in the Clay Belt are becoming very adept at recognizing and distinguishing FEC site classes (Rosen 1989).

A recent development in logging on Ontario's peatlands has been the use of wide tires or wide tracks to reduce the ground pressure of logging equipment and the resultant site damage from rutting. This has been accompanied by increasing use of larger equipment (skidders and forwarders) which can move more trees at a time, thus reducing the number of passes over the ground.

Together these measures can reduce the extent and severity of site damage, protect the advance growth and improve prospects for regeneration. These changes in equipment have been combined with other measures to develop a concept of "careful logging" (Jeglum 1991a) or "careful logging around advance growth" (Jeglum *et al.* 1983, Gingras *et al.* 1991). These measures include:

- following defined skid trails with logging equipment (feller-bunchers or feller-delimbers) to preserve advance growth between the trails;
- using longer booms on feller-delimbers to widen the space between trails; and
- using skidding and forwarding machines and methods to minimize damage to advance growth (Jeglum 1991a).

Site preparation can enhance black spruce regeneration from seed (although it would reduce the amount of advance

A logged site showing results of careful logging to protect advance growth. Young trees were present on the site at the time of logging.

growth which may be present). The low bearing strength of the peat surface is a problem for equipment in the frost-free periods. This has led to the development of "shear-blading", a site preparation technique which involves bulldozers with blades sharpened at the bottom edge. Shear blading is used when the intent is to plant or direct seed. It is done in winter to avoid rutting and breaking through the top root mat. Competing vegetation is thus removed while the site is relatively undisturbed, leaving a good seedbed for spruce (Ecological Services for Planning Ltd. 1987, Pelletier 1991).

Photo: G. Sheehy

A cross-drain culvert installed to direct drainage under a road bed. Note the berm constructed behind the culvert to control drainage along the right-of-way.

Seasonal restrictions for operations on wetland sites can reduce potential impacts. Harvesting wet sites in winter can reduce rutting and prevent the accumulation of water through pooling. Winter roads often reduce the need for stream crossing structures and eliminate the requirement for built-up grades. This will reduce the risk of blocking water flow in wetlands and lessen the potential for erosion at stream crossings. Similar approaches to site-specific forestry are being developed and implemented across the country.

Consulting the Experts

A number of companies have responded to increasing concerns about non-timber values of forest land by hiring biologists to work with woodlands staff. The biologist may be a permanent staff member or a consultant, usually acting as an advisor to planning and field staff on ways to incorporate wildlife and non-timber values in the forest management plans and operations. This may include recommending cutting measures to maintain or enhance habitat or working with road construction personnel to develop mitigation and site rehabilitation techniques to control erosion and sedimentation at stream crossings. The company biologist, working with planning, road construction and logging personnel, helps to identify problems and devise solutions (Smith 1992). This approach can be quite effective to develop site-specific, cost-effective measures to remedy existing problems, prevent problems from occurring and to remedy unforeseen impacts. Among the measures which have been applied are:

- installing cross-drain culverts to direct runoff under the roadway and into the bush;
- constructing berms to direct water into cross-drains;
- installing sediment ponds to treat runoff from bare soil areas (sediment ponds would be placed in a ditch system to slow the water and cause suspended solids to settle out);
- stabilizing eroding soils with a cover of crushed stone; and
- using selected seed mixtures to stabilize erodible soils.

Planning for Wildlife Habitat

In several provinces, forest products companies have joined with wildlife agencies and non-government conservation organizations to integrate wildlife habitat needs in timber management plans. Examples of these innovative projects include:

- In New Brunswick, the **Forest Land Habitat Management Program** involves developing and testing relationships between wildlife species and forest habitats. A major objective is to define explicit objectives to achieve the amount and distribution of forest habitat classes required to meet desired wildlife population levels for each of ten timber licences (Wildlife Habitat Canada 1992).
- In Manitoba the **Forestry/Wildlife Management Project** is a cooperative venture with the Manitoba Department of Natural Resources, Abitibi-Price Inc., REPAP Manitoba, Wildlife Habitat Canada and Forestry Canada through the Canada/Manitoba Partnership Agreement in Forestry and the Manitoba Habitat Heritage Corporation. It is developing a process to assist resource managers in estimating wildlife habitat values in the forest. Through selection of key indicator wildlife species, models will be developed and incorporated into a geographic information system to predict the impact of forest management practices on the supply and quality of habitat for resident wildlife. This will allow resource managers to evaluate forest management options and modify plans if necessary (Manitoba Department of Natural Resources *et al.* 1992).

This road, constructed down a long slope on erodible soil, has been stabilized using crushed stone and seeding with grasses.

- In Saskatchewan, the **Integrated Forestry/Wildlife Program** involves Wildlife Habitat Canada, Weyerhaeuser Canada Ltd., the Saskatchewan Wildlife Federation, federal and provincial agencies and other organizations. This is a five-year effort to identify key wildlife species and

A sediment pond maintains water quality for runoff from a road.

determine their populations, conduct a habitat inventory, develop a computerized habitat suitability analysis, and integrate habitat goals in forest harvesting plans (Wildlife Habitat Canada 1992).

- In the Alberta **Weldwood Hinton Timber-Wildlife Integrated Management Project,** Weldwood of Canada Ltd. is working with the Alberta Department of Forestry, Lands and Wildlife to develop a cooperative modelling approach to predict future supplies of timber and wildlife habitat. The project examines at the landscape level, the long-term effects of timber management proposals on wildlife habitat. It will be used to coordinate objectives and improve management systems on the Weldwood Forest Management Agreement at Hinton, Alberta (Bonar 1991).
- In Quebec, the **"Action Aménagement"** committee involves Domtar Inc., the ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, the ministère des Forêts and the Fondation de la faune du Québec. The committee was established in 1985 to develop a forest management strategy that could be applied to deer yards located on Domtar's properties and Crown lands. The resulting 70-year plan (revised every five years) describes objectives and techniques to be adopted for sustaining the potential of the forest and its wildlife for the predetermined areas (Dorval 1993).

The Upper Humber River wetland complex is Newfoundland's most important waterfowl production area.

- In British Columbia, Fletcher Challenge Canada developed the **Coastal Blacktailed Deer Winter Capability Mapping Project** in cooperation with the B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks, and the B.C. Ministry of Forests. The project integrates biogeoclimatic data, topographic/physical parameters (slope and aspect), and snow zonation in a mapping system to facilitate the development of a comprehensive land use strategy. The use of a geographic information system allows the overlapping of the mapped data bases, the rating of integrated parameters, and the production of an interpretive map illustrating the deer winter habitat capability of the land base. The mapping system will be used to guide harvesting deferrals of old growth timber areas with high potential for deer winter habitat (Lindsay 1993).

Photo: Stora Forest Industries Ltd.

Portable steel bridges are one method of stream protection in forwarder operations.

These integrated planning approaches could have considerable merit for accommodating wetlands and associated wildlife in land management on a regional scale.

Cooperation for Wetland Conservation

Companies can do a great deal for wetlands by joining others in partnership for conservation projects.

Corner Brook Pulp and Paper is joining with the Newfoundland and Labrador Department of Environment and Lands and Ducks Unlimited Canada to protect and enhance habitat in the **Upper Humber River** wetland complex. These wetlands, which fall within the company's operating limits, are the province's most important waterfowl production area. This undertaking is part of the Eastern Habitat Joint Venture of the *North American Waterfowl Management Plan*. The project partners are implementing a land stewardship agreement which enables the provincial government to establish a wildlife reserve in the area and the company to carry on compatible forestry operations (Soper 1990).

In Nova Scotia's **Saint Mary's River Forestry/Wildlife Project,** Stora Forest Industries Ltd. and Scott Maritimes Ltd. are working with federal and provincial resource agencies, Wildlife Habitat Canada and other conservation groups to integrate wildlife concerns in intensive forest management systems. This includes developing techniques to maintain and enhance riparian habitat (Wildlife Habitat Canada 1992). Among the products of this project is a video on stream protection in forwarder operations (Camozzi 1991). The video describes such innovative measures as portable steel bridges and log bridges developed by Stora Forest Industries. One of these reusable bridges,

suitable for streams up to three metres wide, can be delivered and installed in minutes by the grapple forwarder which then uses the bridge to cross the stream.

Cooperative wetland conservation can be carried out at any scale. In one small but noteworthy project, Corner Brook Pulp and Paper used innovative road building techniques to cross a marshy creek while enhancing habitat for waterfowl. Ducks Unlimited Canada (DUC) was involved in the project along with Fisheries and Oceans Canada. DUC helped design the stream crossing structure, and Fisheries and Oceans identified the need for fish habitat protection measures. The company provided the staff and equipment to build the crossing structure which consists of an earth fill dam incorporating a concrete fish passage structure. Company staff installed waterfowl nesting boxes along the margins of the enhanced wetland.

Protecting Sensitive Aquatic Features

A variety of measures may be used to minimize the impact of forestry operations on surface waters and aquatic habitats. One such situation which has occurred in a number of jurisdictions in Canada is the protection of water quality for municipal water supply watersheds. Corner Brook, Newfoundland is one such case, where the municipal water supply comes from Corner Brook Pulp and Paper's operating limits. To enable forestry operations to proceed within the watershed, the company worked with a number of government agencies to develop the *Corner Brook Watershed Harvesting Guidelines* (Corner Brook Pulp and Paper Limited 1991). This manual describes a broad range of operational measures to maintain water quality and quantity. While not strictly concerned with wetlands, the general approach and a number of the specific guidelines are relevant to wetland conservation.

The manual is intended for company field staff and loggers. In a concise format, it begins by describing the relevant regulations and required permits for operating within the watershed. It then describes specific measures for road construction, stream crossings, buffer zones, harvesting on steep slopes, fuel handling and storage, and response procedures for accidental spills.

Photo: G. Sheehy

Special construction measures for a road crossing a marshy creek. The road bed is an earth fill dam which raises the water level to enhance the wetland for waterfowl habitat. A fish pass structure is in the middle of the photo.

Best Management Practices — the U.S. Experience

The *Clean Water Act* of the United States establishes national water quality goals and identifies various land management practices as potential causes of erosion and sediment pollution. For forestry, the identified practices of concern are road construction, harvesting and site preparation. To implement the *Act*, individual states develop what are termed "Best Management Practices" (BMPs). These are management and silvicultural techniques to prevent erosion at the source (Baker 1991). Some states have developed quite specific and detailed BMP guidelines and procedures to apply to wetlands, stream crossings and shoreline areas. These are outlined in a following section entitled "Other Handbooks and Manuals".

Minnesota, which contains boreal forests and wetlands similar to some areas of central Canada, has developed an innovative BMP approach. This involves a manual entitled *Water Quality in Forest Management* (U.S. Forest Service *et al.* - undated) and an independent audit procedure to evaluate companies' compliance with BMP requirements (Rossman and Phillips 1991). This small, "hip pocket" manual describes general water quality measures such as filter strips along streams and fuel and equipment handling procedures. It also contains specific guidelines for:

- roads — design, construction and maintenance;
- harvesting — planning, design, operations and follow-up;
- site preparation — planning, recommended prescriptions and alternatives;
- pesticide use — pesticide selection, integrated pest management and handling procedures; and
- prescribed burning — planning, prescriptions and after-fire maintenance.

The audit procedure involves field visits by an evaluation team which includes a wide range of interests and expertise drawn from federal, state and county agencies, academia and conservation organizations. Audit forms are based on the BMPs described in the *Water Quality* manual. For each BMP applicable to the forestry operation being evaluated, the audit team assigns a rating from 1 ("gross neglect") to 5 ("operation exceeds requirement").

Mississippi's Best Management Practices for Wetlands (Baker 1991) was developed for forestry operations in the state's extensive bottomland areas. Maryland's *Guide to Forest Harvest Operations and Best Management Practices* (Maryland Department of Natural Resources) is a detailed manual which contains environmental protection measures at varying levels of restriction of forestry activities.

The National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI) is a research and advisory body of the United States forest industry. In 1989 it established a Forested Wetlands Environmental Research Program to determine how companies can "manage forest wetlands for timber production while providing for other important wetland functions such as water quality maintenance, streamflow discharge regulation and wildlife protection" (Ice and Lucier 1990). The program has three major goals:

- identify and characterize important forest wetland types of the United States;
- develop technically sound methods for measuring the functions and values of important forest wetland types; and
- determine effects of commercial timber management on the short- and long-term functions and values of forest wetlands to facilitate identification of economically feasible Best Management Practices.

As an initial stage in the program, the NCASI organized a symposium to address environmental concerns, assessment techniques and management options related to forest wetlands. Published in a technical bulletin (NCASI 1990), the papers from the symposium address a number of issues relevant to forestry-wetland interactions in Canada.

Environmental Protection in Forest Drainage

Finnish forest drainage projects incorporate a variety of measures to prevent suspended solids from reaching lakes or streams. These include:

- minimizing the velocity of ditch water;
- leaving buffer/filter strips of undisturbed vegetation for overland flow of water between ditch outlets and receiving streams;
- using temporary dams during ditch construction; and
- digging sedimentation pits and ponds at strategic locations within the drainage system (Joensuu 1991).

The Wally Creek Drainage Project includes several of these measures which are described in a *Forest Drainage Manual* developed by the Ontario Ministry of Natural Resources (Rosen 1989). As well, the Quebec ministère du l'Énergie et des Ressources has developed a manual entitled *Guide sur le drainage sylvicole* to assist in planning drainage to minimize impacts on the site.

A study in Michigan of wildlife, forest harvesting and drainage (Trettin *et al.* 1991) emphasized that habitat niches are strongly influenced by silvicultural prescriptions. The researchers in this study concluded that drainage projects offer opportunities for sustaining or enhancing wetland wildlife values. Designing cuts to increase edge habitat and retaining snags are important considerations. Ditches also provide aquatic habitat. Maintaining or enhancing species' richness requires that specific habitat objectives be included as part of the silvicultural prescription.

Other Handbooks and Manuals

In addition to the procedural manuals described earlier, there are a number of publications, some quite detailed, which describe environmental protection measures relevant to forest operations in or near wetlands. Some were developed specifically for wetland forestry (South Carolina Forestry Commission – undated, North Carolina Department of Environment, Health and Natural Resources 1990, Georgia Forestry Association 1990). Others address environmental concerns for harvesting or road building on a variety of sites (Racey *et al.* 1989, McCubbin *et al.* 1990, Quebec ministère de l'Énergie et des Ressources 1990, Newfoundland Department of Forestry and Agriculture and Newfoundland Forest Service 1992). Still others focus on habitat needs of wetland wildlife species (James 1984 and 1985, Ontario Ministry of Natural Resources 1988a and 1988b). Most, if not all, resource agencies have developed such manuals or guidelines.

Most provinces in Canada have developed guidelines for forestry operations in riparian zones and fish and wildlife habitat protection. Ontario's Ministry of Natural Resources has a comprehensive Canadian program applicable to wetland/forestry interactions. The Ministry has produced a video, *Cutting Near the Edge*, which briefly describes concerns and appropriate timber management practices for wetlands and riparian zones. The video introduces three manuals intended for resource managers: *The Code of Practice for Timber Management Operations in Riparian Areas* (Ontario Ministry of Natural Resources 1991); *Timber Management Guidelines for the Protection of Fish Habitat* (Ontario Ministry of Natural Resources 1988); and *Environmental Guidelines for Access Roads and Water Crossings* (Ontario Ministry of Natural Resources 1990).

Conclusion

Wetland conservation measures need not unduly restrict forestry operations, nor are they likely to add significantly to industry's costs. Many creative solutions to conservation problems are already in use in Canada and elsewhere. Broader application of established techniques will serve to maintain these vital habitats.

The results of this study suggest a number of recommendations for wetland-compatible forestry:

(1) ***Good road construction***, with adequate provision for drainage, and revegetation of roadsides susceptible to erosion, should be standard practice. The environmental impact of a stream crossing on a valuable aquatic habitat is not lessened because it is located on a lower standard road and not a primary road (Ontario Ministry of Natural Resources 1990). Similarly, the overall impact of a road is determined by the crossing measures used for all drainageways; environmental protection measures are required for small creeks and brooks as well as major streams.

(2) ***Site classification systems*** for wetlands are particularly important. Sometimes these are only partly covered by existing forest classification systems. These systems need to be province-wide and need to be expanded into the non-commercial forested wetlands and the open wetlands. Federal and provincial agencies should develop these systems with input from forest operators and biologists as well as experts in forest-site relationships. Classification systems must be supported by inventories of wetland flora and fauna. This will assist development of site-specific silvicultural treatments and appropriate wetland protection measures.

(3) ***Harvesting operations should be carefully planned***, using good site-type information. Knowledge of the distribution of site types allows planners to schedule logging operations accordingly, thereby reducing site damage.

(4) ***Winter logging*** is a proven method which should be used where necessary to minimize site damage. Operating on frozen surfaces or with snow cover avoids the problems of rutting and compaction and also reduces damage to advance growth (Jeglum *et al.* 1983, Groot 1987, Groot 1992). Winter roads reduce the potential for site disturbance, erosion at stream crossings and disruption of drainage. The move by the forest industry to low ground pressure logging equipment allows greater access to wetter areas in frost-free periods. This may lead to greater site impacts (Groot 1992). Where summer peatland operations are unavoidable, site-specific information should be used to select the least fragile sites. Low ground pressure equipment should also be used when summer operations are necessary.

(5) ***Industry planning and operations staff should be informed*** of the values of wetlands so that they may consider these values in cutblock design, block layout and harvest supervision. This educational effort should involve government agencies and non-government groups as well as industry.

(6) ***Equipment operators should have training*** to recognize sensitive sites and avoid damaging practices (Groot 1987). A good operator using any kind of equipment may be better than a careless one using the best equipment (Groot 1992).

(7) ***The forest industry should use special expertise*** to ensure that wetland values are incorporated effectively in planning and executing forestry operations. A number of companies have biologists on staff or under contract. These specialists should exchange information and cooperate on research.

(8) ***Cooperative habitat conservation efforts*** such as the Upper Humber Eastern Habitat Joint Venture Project and the Saint Mary's River Forestry/Wildlife Project should be expanded. These offer excellent opportunities for companies, agencies and conservation groups to pool resources. The North American Waterfowl Management Plan provides an umbrella for many new and innovative projects to be developed. The plan has an ambitious objective: to restore waterfowl populations continent-wide. Sensitive management of forest lands is integral to its success, and the forest industry can make an important contribution to this end.

(9) ***Research and development*** in the areas of low-ground-pressure equipment and careful logging such as that being done by the Forest Engineering Research Council (Mellgren and Heidersdorf 1984, Gingras *et al.* 1991) must continue.

(10) ***Forest management codes of practice and guidelines*** should include wetland conservation considerations adapted for specific regions in Canada.

(11) ***The design of shoreline buffers and filter strips*** requires careful thought. These should consider the characteristics of individual sites rather than following strict guidelines applying to broad geographic areas. The survival of buffer strips can be an important issue. In some cases trees may be blown down within a few years, offering little benefit for stream stability or water quality. On-site judgements and variations in buffer strip dimensions based on site conditions may be better than fixed widths. The requirements of terrestrial and aquatic resources should determine the design of the buffer (Garland 1987). Landscape level habitat analyses and integrated timber/wildlife management such as New Brunswick's Forest Land Habitat Management Program and the Manitoba Forestry/Wildlife Management Project will achieve more for wetlands and wildlife than will uniform leave strips along shorelines.

(12) ***Further environmental assessment of forest drainage proposals,*** should be used as a tool for identifying and alleviating the impacts of forest drainage, with site-specific mitigation measures to be implemented as necessary (Rosen 1989, Jeglum 1991b). Extensive drainage measures are likely to have less significant impacts than intensive systems. Limiting the total area drained within a given watershed could also reduce the potential water quality impacts (Berry 1991b). Forest managers should take special care in fertilizing drained sites. Eutrophication of wetlands should be avoided where this will adversely affect existing plant communities (Wisheu *et al.* 1990).

Wetland conservation measures need not unduly restrict forestry operations, nor are they likely to add significantly to industry's costs. Many creative solutions to conservation problems are already in use in Canada and elsewhere. Broader application of established techniques will serve to maintain these vital habitats.

References

Baker, E. 1991. *Mississippi's Best Management Practices for Wetlands*. Mississippi Forestry Commission. Jackson, Mississippi.

Berry, G.J. 1991a. *Hydrology of Drained and Undrained Black Spruce Peatlands: Streamflow and Hydrologic Balance*. Forestry Canada, Ontario Region. Canada-Ontario Forest Resources Development Agreement. Report No. 3317. Sault Ste. Marie, Ontario.

Berry, G.J. 1991b. *Surface-water quality of drained and undrained black spruce peatlands*. In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. Volume 1 — Peatland Forestry. Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Bonar, R.L. 1991. *The Weldwood Hinton Timber-Wildlife Integrated Management Project*. In Proceedings of WILDFOR '91, Wildlife and Forestry: Towards a working partnership: October 7-10, 1991. Jasper, Alberta. Canadian Society of Environmental Biologists and the Canadian Pulp and Paper Association. Montreal, Quebec.

Bond, W.K., K.W. Cox, T. Heberlein, E.W. Manning, D.R. Witty and D.A. Young. 1992. *Wetland Evaluation Guide: Final Report of the Wetlands Are Not Wastelands Project*. Sustaining Wetlands Issues Paper, No. 1992-1. North American Wetlands Conservation Council (Canada). Ottawa, Ontario.

Camozzi, A. 1991. *St. Mary's River Forestry-Wildlife Project: Stream Protection and Forwarder Operations*. Videotape. Seabright Video Productions. Antigonish, Nova Scotia.

Canadian Pulp and Paper Association. 1992. *A Statement by the Pulp and Paper Industry on Wetlands*. One of a series of statements on forest land management in Canada made by the Canadian Pulp and Paper Association on behalf of the Pulp and Paper Industry of Canada. Montreal, Quebec.

Canadian Sphagnum Peat Moss Association. 1990. *Preservation and Reclamation Policy*. St. Albert, Alberta.

Champion International Corporation. 1989. *Escambia River Management Guidelines*. Final Report of the Escambia River Study Team. Cantonment, Florida.

Corner Brook Pulp and Paper Limited. 1991. *Corner Brook Watershed Harvesting Guidelines*. Corner Brook, Newfoundland.

deGroot, R.S. 1988. *Environmental Function: An Analytical Framework for Integrating Environmental and Economic Assessment*. Paper prepared for the Workshop on Integrating Environmental and Economic Assessment: Analytical and Negotiating Approaches. Canadian Environmental Assessment Research Council. Vancouver, British Columbia.

Dorval, H. 1993. Personal communication with Hélène Dorval, Chef — techniques forestières et environnementales, Domtar Inc. May 21, 1993.

Ecological Services for Planning Ltd. 1987. *Harvesting and Regeneration Option Pboto Guide*. Guelph, Ontario.

Environment Canada. 1986. *Wetlands in Canada: A Valuable Resource*. Lands Directorate, Environment Canada. Fact Sheet No. 86-4. Ottawa, Ontario.

Environment Canada and United States Department of the Interior. 1986. *North American Waterfowl Management Plan: A Strategy for Cooperation*. Ottawa, Ontario and Washington, D.C.

Filion, F.L. 1988. *Managing for Sustainable Development: The Strategic Role of Economic and Social Aspects of Wildlife*. In Proceedings, Second International Wildlife Symposium. The Wildlife Society of Mexico. Mexico City, Mexico.

Garland, J.J. 1987. *Aspects of practical management in the streamside zone.* In Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions. Edited by E.O. Salo and T.W. Cundy. College of Forest Resources, University of Washington. Contribution No. 57. Seattle, Washington.

Georgia Forestry Association. 1990. *Best Management Practices for Forested Wetlands in Georgia.* Wetlands Committee, Georgia Forestry Association. Macon, Georgia.

Gillespie, D.I, H. Boyd, and P. Logan. 1991. *Wetlands for the World: Canada's Ramsar Sites.* The Convention on Wetlands of International Importance Especially as Waterfowl Habitat (The Ramsar Convention). Canadian Wildlife Service, Environment Canada. Ottawa, Ontario.

Gingras, J.-F., D. Cormier, J.C. Ruel and D. Pin. 1991. *Comparative Study of the Impact of Three Skidding Methods on Advance Regeneration.* Forest Engineering Research Institute of Canada Technical Note TN-163. Pointe Claire, Quebec.

Government of Canada. 1991. *The Federal Policy on Wetland Conservation.* Ottawa, Ontario.

Groot, A. 1987. *Silvicultural Consequences of Forest Harvesting on Peatlands: Site Damage and Slash Conditions.* Great Lakes Forestry Centre, Canadian Forestry Service. Information Report No. O-X-384. Sault Ste. Marie, Ontario.

Groot, A. 1992. Personal communication with Dr. Art Groot, Forestry Canada, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario. September 30, 1992.

Haavisto, V.F. and J.K. Jeglum. 1991. *Peatland potentially available for forestry in Canada.* In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Haavisto, V.F., J.K. Jeglum and A. Groot. 1988. *Management practices — black spruce ecosystem.* In The Ecology and Management of Wetlands, Volume 2: Management, Use and Value of Wetlands. Edited by D.D. Hook *et al.* Croom Helm, Sidney and London, Timber Press. Portland, Oregon.

Hånell, B. 1991. *Peatland forestry in Sweden.* In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Heikurainen, L. and P. Pakarinen. 1982. Mire Vegetation and Site Types. In *Peatlands and their Utilization in Finland.* Finnish Peatland Society. Helsinki, Finland.

Hillman, G.R. 1991. *The Canada-Alberta Wetlands Drainage and Improvement Program for Forestry: An Update.* In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Ice, G.G. and A.A. Lucier. 1990. *The NCASI Forested Wetlands Environmental Research Program.* In National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc. Best Management Practices for Forest Wetlands: Concerns, Assessment, Regulation and Research. NCASI Technical Bulletin No. 583. New York, New York.

James, R.D. 1984. *Habitat Management Guidelines for Cavity-nesting Birds in Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, Wildlife Branch. Toronto, Ontario.

James, R.D. 1985. *Habitat Management Guidelines for Birds of Ontario Wetlands, Including Marshes, Swamps and Fens or Bogs of Various Types*. Ontario Ministry of Natural Resources, Wildlife Branch. Toronto, Ontario.

Jeglum, J.K. 1989. Vegetation-habitat changes caused by damming a peatland drainageway in northern Ontario. *The Canadian Field-Naturalist* 89(4): 400-412.

Jeglum, J.K. 1991a. *Peatland forestry in Canada: An overview*. In Proceedings of a Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edited by B. Hånell. September 7-13, 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea, Sweden.

Jeglum, J.K. 1991b. *The Wally Creek Area Forest Drainage Project in Ontario's Clay Belt: Progress Report*. In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Jeglum, J.K. 1993. Personal communication with Dr. John Jeglum, Forestry Canada, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario. January 12, 1993.

Jeglum, J.K., J.F. Haavisto and A. Groot. 1983. *Peatland forestry in Ontario: An overview*. In Proceedings of Symposium '82, Peat and Peatlands. Edited by Sheppard, J.D., J. Musial and T.E. Tibbetts. September 12-15, 1982. Government of Canada, Government of New Brunswick, Economic Expansion Commission of the Peninsula Inc., and Canadian National Committee, International Peat Society. Shibbegan, New Brunswick.

Joensuu, S. 1991. *Protection of watercourses from peatlands utilized for forestry: sedimentation ponds*. In Proceedings of a Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edited by B. Hånell. September 7-13, 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea, Sweden.

Jones, R.K., G. Pierpoint, G.M. Wickware, J.K. Jeglum, R.W. Arnup, and J.M. Bowles. 1983. *Field Guide to Forest Ecosystem Classification for the Clay Belt, Site Region 3e*. Ontario Ministry of Natural Resources. Maple, Ontario.

Keddy, P.A. 1990. *Water level fluctuations and wetland conservation*. In Proceedings of an International Symposium on Wetlands of the Great Lakes: Protection and Restoration Policies — Status of the Science. Edited by J. Kusler and R. Smardon. May 16-18, 1990. Niagara Falls, New York.

Laiho, R. and J. Laine. 1991. *Post-drainage nutrient stores in peat*. In Proceedings of a Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edited by B. Hånell. September 7-13, 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea, Sweden.

Lindsay, D. 1993. Personal communication with Dave Lindsay, Fish and Wildlife Biologist, Integrated Resource Analysis Section, Fletcher Challenge Canada Limited, Crofton, British Columbia. May 21, 1993.

Lynch-Stewart, P., C.D.A. Rubec, K.W. Cox, and J.H. Patterson. 1993. *A Coming of Age: Policy for Wetland Conservation in Canada*. North American Wetlands Conservation Council (Canada). Report No. 93-1. Ottawa, Ontario.

Manitoba Department of Natural Resources, Abitibi Price Inc., REPAP Manitoba, Wildlife Habitat Canada, Forestry Canada and the Manitoba Habitat Heritage Corporation. 1992. *Forests and Wildlife: A Sustaining Partnership*. Brochure describing the Manitoba Forestry/Wildlife Management Project. Winnipeg, Manitoba.

Maryland Department of Natural Resources. 1992. *Maryland's Guide to Forest Harvest Operations and Best Management Practices*. Resource Conservation Service, Forestry Division, Maryland Department of Natural Resources. Annapolis, Maryland.

McCubbin, R.N., A.B. Case, D.A. Rowe and D.A. Scruton. 1990. *Resource Road Construction: Fish Habitat Protection Guidelines*. Fisheries and Oceans Canada. St. John's, Newfoundland.

Meligren, P.G. and E. Heidersdorf. 1984. *The Use of High Flotation Tires for Skidding in Wet and/or Steep Terrain*. Forest Engineering Research Institute of Canada. Technical Report No. TR-57. Pointe Claire, Quebec.

Moore, D.R.J., P.A. Keddy, C.L. Gaudet and I.C. Wisheu. 1989. Conservation of wetlands: do infertile wetlands deserve a higher priority? *Biological Conservation*. Vol. 47.

National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc. 1990. *Best Management Practices for Forest Wetlands: Concerns, Assessment, Regulation and Research*. NCASI Technical Bulletin No. 583. New York, New York.

National Wetlands Working Group. 1986. *Canada's Wetlands*. National Atlas of Canada Map Folio. Energy, Mines and Resources Canada and Environment Canada. Ottawa, Ontario.

National Wetlands Working Group. 1988. *Wetlands of Canada*. Ecological Land Classification Series, No. 24. Sustainable Development Branch, Environment Canada, Ottawa, Ontario, and Polyscience Publications Inc., Montreal, Quebec.

Newfoundland Department of Forestry and Agriculture, and Newfoundland Forest Service. 1992. *Environmental Protection Guidelines for Timber Management*. St. John's, Newfoundland.

North American Waterfowl Management Plan Committee. 1989. *North American Waterfowl Management Plan: 1989 Annual Report*. Environment Canada, Ottawa and U.S Department of the Interior, Washington, D.C.

North Carolina Department of Environment, Health and Natural Resources. 1990. *Best Management Practices for Forestry in the Wetlands of North Carolina*. Raleigh, North Carolina.

Nova Scotia Department of Lands and Forests. Undated. *Forest/Wildlife Guidelines and Standards for Nova Scotia*. Kentville, Nova Scotia.

Ontario Ministry of Natural Resources. 1988a. *Timber Management Guidelines for the Protection of Fish Habitat*. Fisheries Branch. Toronto, Ontario.

Ontario Ministry of Natural Resources. 1988b. *Timber Management Guidelines for the Provision of Moose Habitat*. Wildlife Branch. Toronto, Ontario.

Ontario Ministry of Natural Resources. 1990. *Environmental Guidelines for Access Roads and Water Crossings*. Toronto, Ontario.

Ontario Ministry of Natural Resources. 1991. *Code of Practice for Timber Management Operations in Riparian Areas*. Toronto, Ontario.

Pelletier, F. (ed.). 1991. *Les Enseignements; Forum Environnement — Machinerie Lourde*. March 6-8, 1991. Quebec ministère des Forêts. Quebec, Quebec.

Quebec ministère de l'Énergie et des Ressources. 1989. *Guide sur le drainage sylvicole*. Quebec, Quebec.

Quebec ministère de l'Énergie et des Ressources. 1990. *Standards of Forest Management — A Guidebook*. Quebec, Quebec.

Racey, G.D., T.S. Whitfield and R.A. Sims. 1989. *Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations*. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest District. Technical Report No. 46. Toronto, Ontario.

Reinikainen, A. 1991. *The peatland ecosystem in change*. In Proceedings of a Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edited by B. Hånell. September 7-13, 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea, Sweden.

Rosen, M.R. 1986. *Peatland Forestry in Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, Cochrane District Office. Cochrane, Ontario.

Rosen, M.R. 1989. *Forest Drainage Manual*. Ontario Ministry of Natural Resources. Science and Technology Series, Volume 3. Toronto, Ontario.

Rossman, R. and M.J. Phillips. 1991. *Minnesota Forestry Best Management Practices Implementation Monitoring: 1991 Pilot — Forestry Field Audit, Final Report*. Minnesota Department of Natural Resources, Division of Forestry, St. Paul, Minnesota.

Smith, C. 1992. Personal communication with Chris Smith, REPAP Manitoba, The Pas, Manitoba. September, 1992.

Soper, L.R. 1990. *Pre-Development Assessment: Upper Humber Eastern Habitat Joint Venture Project*. Newfoundland and Labrador Department of Environment and Lands, Wildlife Division. Pasadena, Newfoundland.

South Carolina Forestry Commission. Undated. *Best Management Practices for South Carolina's Forest Wetlands*. Charleston, South Carolina.

Trettin, C.C., R.D. Misiak and J.R. Johnson. 1991. *Effects of prescription forest drainage on tree growth and wildlife in northern Michigan*. In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Trottier, F. 1991a. *Prescriptions and programs for forest drainage in Quebec*. In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

Trottier, F. 1991b. *Draining wooded peatlands: expected growth gains.* In Proceedings of Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edited by J.K. Jeglum and R.P. Overend. Canadian Society for Peat and Peatlands. Quebec, Quebec.

United States Forest Service *et al.* Undated. *Water Quality in Forest Management: Best Management Practices in Minnesota.* Minnesota Pollution Control Agency and Minnesota Department of Natural Resources, Division of Forestry. St. Paul, Minnesota.

Vompersky, S.E., N.A. Nazarov and A.A. Sirin. 1992. The effect of forest drainage on river runoff. In *Peatland Ecosystems and Man: An Impact Assessment.* Edited by O.M. Bragg, P.D. Hulme, H.A.P. Ingram and R.A. Robertson. Department of Biological Sciences, University of Dundee. Dundee, Scotland.

Wildlife Habitat Canada. 1992. *Wildlife Habitat Canada 1991-1992 Annual Report.* Ottawa, Ontario.

Wisheu, I.C., P.A. Keddy, D.R.J. Moore, S.J. McCanny, and C.L. Gaudet. 1990. *Effects of eutrophication on wetland vegetation.* In Proceedings of an International Symposium on Wetlands of the Great Lakes: Protection and Restoration Policies. May 16-18, 1990. Edited by J. Kusler and R. Smardon. Niagara Falls, New York.

Sustaining Wetlands Issues Paper Series

Paper No. 1992-1. ***Wetland Evaluation Guide. Final Report of the Wetlands Are Not Wastelands Project.*** By W.K. Bond, K.W. Cox, T. Heberlein, E.W. Manning, D.R. Witty, and D.A. Young. Published in partnership with Wildlife Habitat Canada and the Canadian Wildlife Service, Environment Canada. 121 p.

Paper No. 1992-2. ***No Net Loss: Implementing "No Net Loss" Goals to Conserve Wetlands in Canada.*** By P. Lynch-Stewart. Published in partnership with the Canadian Wildlife Service, Environment Canada. 35 p.

Paper No. 1992-3. ***Canadian Peat Harvesting and the Environment.*** By D. Keys. Published in partnership with the 1990-1995 Canada-New Brunswick Cooperation Agreement on Mineral Development and the Canadian Sphagnum Peat Moss Association. 29 p.

Paper No. 1992-4. ***You Can't Give It Away: Tax Aspects of Ecologically Sensitive Lands.*** By M. Denhez. Published in partnership with the National Round Table on the Environment and the Economy. 56 p.

Paper No. 1993-1. ***Wetlands: A Celebration of Life. Final Report of the Canadian Wetlands Conservation Task Force.*** By Kenneth W. Cox. Published in partnership with the National Round Table on the Environment and the Economy. 65 p.

CONSERVATION DES TERRES HUMIDES DANS LES FORÊTS AMÉNAGÉES

terres humides

COMMUNICATION nº 1993 - 2

PUBLIÉ EN PARTENARIAT AVEC :

Groupe de travail canadien sur la conservation des terres humides

CANADIAN PULP AND PAPER ASSOCIATION
L'ASSOCIATION CANADIENNE DES PÂTES ET PAPIERS

Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie
National Round Table on the Environment and the Economy

CANADA ONTARIO
Northern Ontario Development Agreement
Entente de développement du nord de l'Ontario
Forestry • Foresterie

Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada)

Imprimé en 1993
Ottawa (Ontario)
ISBN 0-662-98618-0
N° de cat. CW69-10/1993-2F

Ce document a été préparé par Gregg Sheehy, expert-conseil en environnement d'Arnprior (Ontario), à la demande du Groupe de travail canadien sur la conservation des terres humides. Les organismes suivants ont contribués au soutien financier de ce travail : l'Association canadienne des pâtes et papiers, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie et le Programme forestier du Nord de l'Entente de développement du nord de l'Ontario.

Le Groupe de travail canadien sur la conservation des terres humides, formé en 1991 par le Ministre de l'environnement, émane du Conseil nord-américain de conservation des terres humides. Il comprend des représentants de l'Association canadienne des pâtes et papiers, la Fédération canadienne d'agriculture, l'Institut canadien des planificateurs, Habitat faunique Canada, Canards Illimités Canada, la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie et le Service canadien de la faune, Environnement Canada.

La *Série de communications sur les terres humides durables* est publiée par le Secrétariat au Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada). La série est consacrée à la publication de rapports portant sur la gestion, les politiques et les aspects scientifiques, relatifs aux terres humides, importants pour le Canada. L'objectif de la série est de rendre les Canadiens davantage conscients de l'importance d'une utilisation prudente et de la conservation des écosystèmes que représentent les terres humides, et de leur valeur en tant que ressource naturelle.

On peut obtenir le présent rapport en s'adressant au :

Secrétariat
Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada)
Suite 200, 1750, Courtwood Crescent
Ottawa (Ontario) K2C 2B5

Couverture : *Un marais, sur les territoires aménagés par REPAP Manitoba.*
Photo : *G. Sheeby*

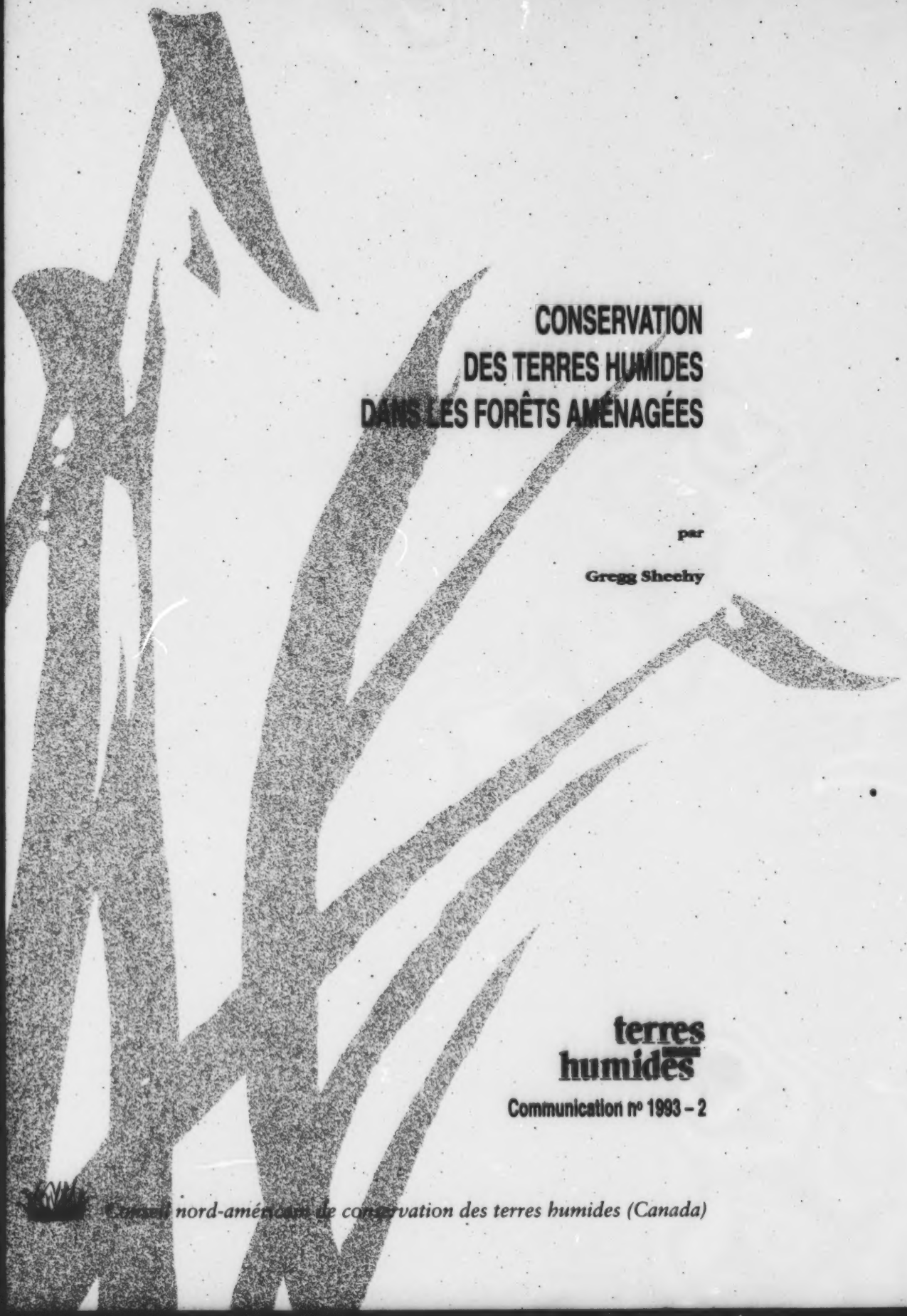
Also available in English under the title *Conserving wetlands in managed forests.*

CHOIX ENVIRONNEMENTAL · ENVIRONMENTAL CHOICE ·

Plus de 50 p. 100 de papier recyclé dont 10 p. 100 de fibres post-consommation.

M – marque officielle d'Environnement Canada

Couverture imprimée sur du papier recyclé (50 % de fibres recyclées, 10 % de fibres usagées).
Pages du document imprimées sur du papier recyclé à 100 %.



CONSERVATION DES TERRES HUMIDES DANS LES FORÊTS AMÉNAGÉES

par

Gregg Sheehy

terres humides

Communication nº 1993 – 2

Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada)

Avant-propos iv

Remerciements iv

Résumé v

Table des matières

Introduction 1

Terres humides des forêts canadiennes 5

Définition de «terres humides» 5

Évolution et classification des terres humides 5

Pourquoi se préoccuper des terres humides? 6

Décision du Canada de protéger ses terres humides 7

Foresterie et terres humides 10

Valeurs et usages des forêts 10

Impacts potentiels des opérations forestières sur les terres humides 11

Opérations effectuées sur les stations humides 11

Opérations sur les terres mieux drainées entourant les terres humides 12

Drainage des terres humides arborées pour la foresterie 13

Voies d'accès à la forêt 14

Mesures pour corriger ou atténuer les conséquences des opérations forestières 15

Foresterie adaptée à chaque station — Expérience de l'Ontario 15

Consultation des spécialistes 17

Planification en fonction des habitats fauniques 18

Collaboration pour la conservation des terres humides 21

Protection des milieux aquatiques fragiles 22

Meilleures pratiques d'aménagement — Expérience des États-Unis 23

Drainage des forêts et protection de l'environnement 24

Autres guides et manuels 24

Conclusion 26

Références 29

Figures

1. Distribution des terres humides au Canada 2
2. Régions des terres humides du Canada 3
3. Traduire les fonctions des terres humides en avantages prisés par la société 8

Avant-propos

Association canadienne des pâtes et papiers

En avril 1992, l'Association canadienne des pâtes et papiers (ACPP) a publié, au nom de l'industrie qu'elle représente, un énoncé de principes concernant les terres humides. Cet énoncé visait à reconnaître l'importance des terres humides canadiennes pour l'environnement. L'industrie s'engageait ainsi à reconnaître à leur pleine valeur toutes les ressources des terres humides et d'en tenir compte dans ses processus de planification et de décision relatifs à l'aménagement des terrains forestiers.

Cependant, les déclarations de principes doivent être supportées par des actions afin d'améliorer les pratiques forestières. L'industrie doit s'assurer de mieux connaître l'écologie des terres humides ainsi que les effets des activités forestières sur ces milieux. De plus, ces connaissances doivent servir à ceux qui élaborent les pratiques forestières.

Le parrainage de l'industrie à la préparation de ce document est une de ses contributions visant la conservation des terres humides. Le rapport fournit une initiation aux interactions entre les terres humides et la foresterie. Il aidera concrètement les aménagistes à mener leurs opérations forestières de façon à conserver les terres humides. Le document décrit les impacts possibles des opérations forestières sur les terres humides et il présente diverses pratiques forestières compatibles avec la conservation des terres humides.

L'ACPP est fière de participer à cette entreprise en collaboration avec la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, le Programme de foresterie du Nord de l'Entente de développement du Nord de l'Ontario et le Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada). Cet effort concerté de la part de tous les intervenants est la clé de la conservation des terres humides dans le contexte du développement durable. L'ACPP et ses sociétés membres poursuivront leur collaboration avec les organismes de l'État et les groupes de conservation des terres humides afin d'intégrer l'utilisation rationnelle des ressources des terres humides dans leurs travaux d'aménagement forestier.

Remerciements

Plusieurs personnes ont contribué, par leur temps et expertise, à la recherche d'informations sur le sujet et à la préparation du présent document. Des remerciements particuliers sont adressés à Ken Cox, du Groupe de travail canadien sur la conservation des terres humides, et à Jean-Pierre Martel, de l'Association canadienne des pâtes et papiers, qui ont orienté le projet tout au long de son exécution. John Jeglum et Art Groot, de Forêts Canada, ont fourni des renseignements de base essentiels et de précieux conseils pour la révision de l'ébauche du présent document. Abitibi-Price Inc. (Iroquois Falls, Ontario), Corner Brook Pulp and Paper Limited (Corner Brook, Terre-Neuve) et REPAP Manitoba (Le Pas, Manitoba) ont fourni un aperçu inestimable des problèmes et solutions que pose la conservation des terres humides en relation avec les opérations sur le terrain. En raison de l'aide et des efforts considérables qu'ils ont fournis pour organiser les visiter des opérations forestières, nous remercions spécialement Rod Gemmell, d'Abitibi-Price, George VanDusen et Wayne Brown, de Corner Brook Pulp and Paper, ainsi que Chris Smith et Doug Taylor, de REPAP Manitoba. Des remerciements sont aussi adressés à Hélène Dorval de Domtar pour ses conseils et la révision du manuscrit.

Le Service canadien de la faune, Environnement Canada a contribué à la traduction française de l'ouvrage.

Résumé

Ce document décrit la nature et l'importance des terres humides dans les régions forestières du Canada ainsi que les impacts possibles des pratiques forestières sur ces écosystèmes. Des mesures pour prévenir ou atténuer ces impacts sont proposées. De plus, diverses pratiques forestières compatibles avec la conservation des terres humides sont présentées.

Les terres humides du Canada, qui comprennent des habitats parmi les plus productifs pour la faune, procurent de nombreux bénéfices économiques au pays. Par terres humides, on entend des terres où la nappe phréatique est située près de la surface, à l'égalité ou au-dessus du sol ou bien des terres qui sont saturées d'eau assez longtemps pour que s'installent des processus caractéristiques des terres humides ou des milieux aquatiques et qui sont reconnaissables par la présence de sols hydriques, de végétation hydrophile et de différentes formes d'activité biologique adaptées aux milieux humides. Les terres humides sont divisées en cinq classes : les bogs, les fens, les marécages, les marais et les eaux peu profondes. Les marécages possèdent le meilleur potentiel pour la foresterie. Au Canada, l'épinette noire est l'essence la plus récoltée sur ces sites. Parmi les autres essences d'importance commerciale, on rencontre le mélèze et le thuya occidental. Grâce au drainage, combiné ou non à l'apport d'engrais, le potentiel forestier de beaucoup de terres humides arborées peut être amélioré. Toutefois, les coûts des travaux de drainage sont souvent très élevés par rapport à l'augmentation de la productivité et cette pratique n'est pas encore répandue au Canada.

Deux grandes catégories de travaux forestiers peuvent affecter les terres : les travaux qui y ont lieu sur les stations humides et ceux qui ont cours sur les terres avoisinantes mieux drainées. La récolte du bois est l'activité forestière dominante sur les terres humides. Elle est susceptible de causer des dégâts en raison de la fragilité du sol au passage de la machinerie et d'inhiber la régénération. La coupe sur les terres entourant les terres humides peut avoir des effets négatifs en détériorant la qualité de l'eau qui alimente ces milieux.

Les voies d'accès à la forêt — routes et chemins de débusquage — sont susceptibles d'exercer les plus forts impacts sur la forêt des terres humides. Les routes qui traversent les terres humides bloquent souvent le drainage naturel et provoquent l'ennoiement des terrains en amont. La mortalité de la végétation ligneuse en amont et l'assèchement partiel des terrains en aval en sont les conséquences. Les routes traversant les terrains humides peuvent exiger de vastes travaux pour la construction de l'assise et nécessiter diverses mesures afin de maintenir le drainage naturel.

Le drainage artificiel des terres humides peut exercer toute une gamme d'effets, selon l'étendue et la densité du réseau de fossés. L'exportation des éléments nutritifs, la perturbation du régime hydrologique naturel et la détérioration de la qualité de l'eau des cours d'eau ou des lacs en sont les principaux.

Dans certaines provinces, les ministères responsables des forêts et les entreprises forestières ont imaginé des mesures pour répondre aux préoccupations formulées à l'égard de la conservation des terres humides. Ces mesures incluent des pratiques sylvicoles visant à atténuer les perturbations des sites humides, des techniques de construction de routes pour assurer le drainage et prévenir l'érosion, et des modalités d'aménagement forestier qui intègrent les mesures de conservation aux opérations forestières. Grâce à la recherche-développement effectuée dans un certain nombre de domaines, on améliore la

capacité de l'industrie à effectuer des opérations forestières compatibles avec la conservation des terres humides.

Cette étude recommande un certain nombre de mesures pour rendre les opérations forestières compatibles avec la conservation des terres humides :

(1) ***Construction des routes selon les règles de l'art,*** y compris des structures adéquates pour assurer le drainage naturel et l'ensemencement de végétation sur les remblais et déblais susceptibles à l'érosion.

(2) ***Classifications détaillées*** des terres humides, incluant les sites non arborés et couverts de forêts non marchandes qui identifie les réactions prévisibles des traitements sylvicoles en fonction du type de stations.

(3) ***Planification rigoureuse des opérations de coupe*** au moyen de renseignements spécifiques aux divers types de stations.

(4) ***Exploitation forestière hivernale*** afin de minimiser les perturbations. Lorsque l'exploitation estivale des terres humides ne peut être évitée, il faudrait, à la lumière de renseignements spécifiques sur les stations, sélectionner les moins fragiles et utiliser du matériel qui exerce peu de pression sur le sol.

(5) ***Programmes pour informer les responsables*** de la planification et de l'exploitation dans l'industrie forestière des valeurs des terres humides, afin qu'ils en tiennent compte dans la délimitation et la disposition des assiettes de coupe ainsi que dans la supervision de la récolte.

(6) ***Formation des conducteurs d'équipements forestiers*** afin qu'ils reconnaissent les stations fragiles et évitent les pratiques dommageables.

(7) ***Développement de l'expertise nécessaire*** par l'industrie forestière, pour tenir effectivement compte, dans la planification et l'exécution des opérations forestières, des ressources que comportent les terres humides.

(8) ***Conservation des habitats par des efforts concertés*** entre l'industrie, les organismes gouvernementaux et les groupes de conservation.

(9) ***Recherche-développement*** appliquée aux équipements exerçant peu de pression sur le sol et à l'adaptation de pratiques forestières moins dommageables.

(10) ***Codes de pratiques et normes*** pour la conservation des terres humides, adaptés aux différentes régions du Canada.

(11) ***Conception de zones tampons et de bandes de filtration*** pour protéger les étendues d'eau, en tenant compte des caractéristiques de chaque station plutôt que d'utiliser des largeurs uniques sur tout le territoire.

(12) Favoriser ***l'évaluation des effets du drainage forestier sur l'environnement*** dans le but d'identifier et d'atténuer les impacts du drainage artificiel.

Introduction

Les terres humides du Canada, qui comptent parmi les habitats naturels les plus productifs du pays, procurent de nombreux avantages économiques. Elles hébergent des centaines de milliers d'oiseaux aquatiques; elles se prêtent aux loisirs en plein air tels que les randonnées pédestres, l'observation d'oiseaux, et la photographie; elles aident à maintenir la qualité de l'eau de nos lacs et cours d'eau ainsi que de nos sources d'approvisionnement en eau potable, et elles contribuent pour plus de 500 millions de dollars par année à la production industrielle de bois (Groupe de travail national sur les terres humides 1988).

Les Canadiens sont de plus en plus sensibilisés à l'importance de ces écosystèmes et à la nécessité de tenir compte des exigences particulières de ces sites dans les pratiques d'aménagement du territoire. Les terres publiques et privées aménagées pour la production du bois comprennent de grandes étendues de terres humides. Les aménagistes devraient se familiariser avec les différents types de terres humides et les pratiques spécifiques de conservation sur ces sites.

Les terres humides couvrent quelque 14 % de la superficie du Canada, soit 127 millions d'hectares. Les tourbières boréales, qui comprennent des terrains couverts de forêts et des terrains partiellement boisés, occupent environ 70 % de toutes les terres humides du pays (L'Association canadienne des pâtes et papiers 1992). La répartition des terres humides au Canada est principalement déterminée par le climat et le relief. Ces milieux peuvent se former dans les localités où l'apport des précipitations excède les pertes dues à l'évapotranspiration et où la topographie ainsi que la pédologie limitent le déplacement des eaux de surface ou souterraines. Ces terres humides sont principalement concentrées dans une bande qui couvre le sud-est de la baie James au Québec, le nord de l'Ontario, le centre du Manitoba et de la Saskatchewan, le nord de l'Alberta et s'étend jusque dans la vallée du Mackenzie (Figure 1).

Ce document décrit la nature et l'importance des terres humides dans les régions forestières du Canada et les impacts possibles des pratiques forestières sur ces écosystèmes. On y suggère des mesures visant à empêcher ou à atténuer ces impacts. Diverses pratiques forestières compatibles avec la conservation de ces milieux sont présentées. Il s'agit de mesures concrètes, actuellement utilisées au Canada ou à l'étranger.

Durant la préparation de ce document, les chantiers de trois sociétés forestières dans la forêt boréale canadienne ont été visités. L'emphase a été mis sur la région des terres humides boréales (Figure 2), qui renferme la majorité des terres humides du Canada, de même que la plus vaste superficie de terrains forestiers accessibles à l'industrie (Haavisto *et al.* 1988). Les sociétés Abitibi-Price à Iroquois Falls (Ontario), Corner Brook Pulp and Paper (Terre-Neuve) et REPAP Manitoba au Pas (Manitoba) ont été choisies parce qu'elles possédaient, à l'intérieur de leurs concessions forestières, des terres humides assez vastes. Chaque société a pris des mesures précises pour la conservation des terres humides.

Ce rapport ne constitue pas une étude exhaustive des interactions entre l'exploitation forestière et les terres humides, ni une évaluation complète des impacts exercés par les opérations forestières de chaque entreprise. L'objectif est d'identifier des solutions pratiques aux problèmes de conservation à partir de rencontres avec des représentants de l'industrie possédant l'expertise dans le domaine.

Même si les questions mises en relief s'appliquent particulièrement à la région des terres humides boréales, elles peuvent également s'appliquer à de nombreuses autres parties du pays. On trouve des terres humides à peu près partout au Canada et les opérations forestières pourraient, dans une province ou un territoire quelconque,

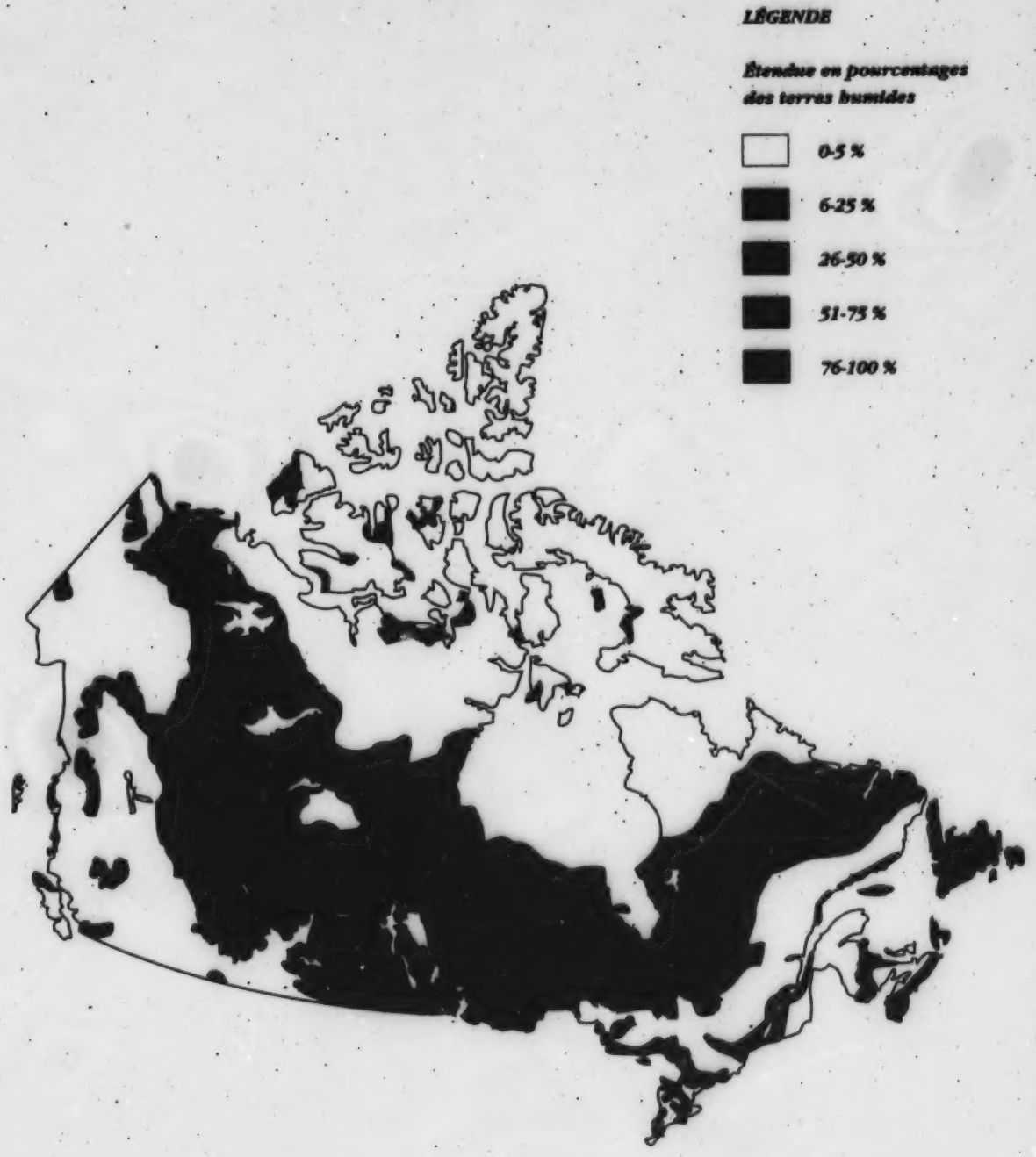


Figure 1 - Distribution des terres humides au Canada

Source : Groupe de travail national sur les terres humides (1986).

Figure 2 - Régions des terres humides du Canada

Source : Groupe de travail national sur les terres humides (1986).

avoir des effets sur ces habitats. Ainsi, les impacts et les mesures de protection décrits dans ce document devraient intéresser les aménagistes soucieux de conserver les terres humides riveraines dans les régions montagneuses de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, les estuaires et marécages de la côte est et de la côte ouest ainsi que les forêts feuillues des marécages du sud de l'Ontario.

Définition de «terres humides»

On entend par «terres humides» des terres où la nappe phréatique est située près de la surface, à l'égalité ou au-dessus du sol ou bien des terres qui sont saturées d'eau assez longtemps pour que s'installent des processus caractéristiques des terres humides ou des milieux aquatiques et qui sont reconnaissables par la présence de sols hydriques, de végétation hydrophile et de différentes formes d'activité biologique adaptées aux milieux humides (Groupe de travail national sur les terres humides—GTNTH 1988). Une tourbière est une terre humide dont l'épaisseur de la couche de matière organique dépasse 40 cm. Ce matériau s'accumule lorsque le climat et les conditions physiques font que la production de matériel végétal par les mousses, roseaux, carex ou autres plantes excède la vitesse de décomposition de la matière végétale. Environ 90 % des terres humides du Canada sont classées comme tourbières (GTNTH 1988).

Les terres humides sont des écosystèmes dynamiques qui évoluent et changent sans cesse. Au Canada, elles sont apparues dès le recul des glaciers, il y a 10 000 à 12 000 ans. La vitesse d'évolution de ces terres est déterminée par l'interaction complexe des facteurs climatiques, hydrologiques, biologiques, et pédologiques.

Évolution et classification des terres humides

Les terres humides se subdivisent en cinq classes : les bogs, les fens, les marécages, les marais et les eaux peu profondes. Au Canada, le Groupe de travail national sur les terres humides a défini ces classes ainsi que les méthodes permettant de les différencier (GTNTH 1988). Chacune de ces cinq classes peut se subdiviser en diverses formes, selon le paysage, l'hydrologie et autres facteurs physiques, et en divers types, selon les caractéristiques de la végétation.

Au début de leur évolution, lorsque la végétation puise ses éléments nutritifs dans le sol minéral et l'eau souterraine, les terres humides sont minérotrophes. Tous les marais, marécages et fens sont minérotrophes et présentent des pH et des taux de saturation en cations de faibles à élevés. Cette gamme de conditions se répercute sur le nombre d'espèces végétales qui est habituellement plus élevé dans les milieux riches et plus faible dans les milieux pauvres.

Dans les tourbières, l'accès aux éléments nutritifs du sol sous-jacent diminue avec l'accumulation de la couche organique, et la végétation doit satisfaire ses besoins par l'écoulement latéral des eaux phréatiques préalablement au contact avec le sol minéral. Le type de végétation et la diversité des espèces reflètent cette évolution du régime trophique. La présence de végétaux tels que les mousses (*Sphagnum* spp.) et les carex (*Carex* spp.) devient fréquente et la diversité des espèces diminue.

Lorsque la couche de tourbe atteint un certain niveau, la couche de surface est isolée des eaux souterraines dont les propriétés sont influencées par les sols minéraux. La végétation de surface tire presque tous ses éléments nutritifs des précipitations. La terre humide devient alors ombotrophe et elle est occupée par une végétation caractérisée par les mousses (*Sphagnum* spp.), les carex (*Carex* spp.) et les éricacées arbustives. Les espèces tendent à être peu diversifiées, probablement à cause du milieu acide, pauvre en cations. Ces conditions sont typiques de la classe de terres humides dénommée bog.

On trouve ordinairement des arbres dans les bogs, les fens et les marécages mais la plupart des marais et des eaux peu profondes du Canada en sont dépourvus.

Une classification détaillée des terres humides est présentée dans la publication *Terres humides du Canada* (GTNTH 1988). Nous présentons ici une courte description des principales classes :

Terres humides des forêts canadiennes

Bog
Tourbière ombotrophe (les éléments nutritifs sont fournis par les précipitations sèches et humides) où la nappe phréatique se situe généralement près ou au niveau de la surface du sol. Arborés ou non, les bogs possèdent une diversité végétale plutôt limitée à cause du milieu acide, pauvre en éléments nutritifs, dans lequel les mousses de sphaigne et les éricacées sont communes.

Fen
Tourbière minérotrophe, où la nappe phréatique se situe habituellement près de la surface du sol. La végétation peut comprendre des carex, des graminées, des roseaux, des mousses brunes, certaines espèces de *Sphagnum*, des éricacées, des arbustes et des arbres.

Marécage
Tourbière ou terre humide minérotrophe dont l'eau est stagnante ou s'écoule très lentement dans des étangs et des canaux. La nappe phréatique se situe généralement au niveau du sol ou très près de la surface. La végétation se caractérise par un couvert dense de conifères, de feuillus ou d'arbustes, d'herbes et de quelques mousses.

Marais
Terre humide minérotrophe, périodiquement inondée par des eaux stagnantes ou quasi stagnantes. Le niveau de l'eau varie d'une saison à l'autre. La salinité varie de nulle à forte. La végétation comprend des roseaux, des joncs, des graminées et des carex émergés, parmi lesquels sont dispersées des zones d'eau libre et des plantes aquatiques.

Eau peu profonde
Étendue d'eau stagnante ou courante recouvrant de façon intermittente ou permanente une terre humide minérotrophe. Cette classe comprend les rives, les étendues de vase, les lacs peu profonds, les étangs, les mares, les délaissés, les chenaux et les autres dépressions similaires. Lorsqu'elle est présente, la végétation est constituée de plantes aquatiques immergées et flottantes.

Les zones riveraines des cours d'eau ou des lacs, peuvent abriter plusieurs types de terres humides et elles sont très productives pour la faune. Elles procurent l'eau, la nourriture et le couvert à de nombreuses espèces et elles peuvent constituer d'importants couloirs de migration pour les espèces de grande taille (Nova Scotia Department of Lands and Forests – non daté). Les marécages et les fens arborés peuvent constituer des *bassins* entourés par des aires boisées mieux drainées.

Les principales formes de terres humides présentes dans les régions canadiennes où la forêt est exploitée sont énumérées en marge.

Pourquoi se préoccuper des terres humides?

Autrefois considérée sans valeur ou faisant obstacle au progrès, la valorisation des terres humides passait nécessairement par l'assèchement et la conversion à l'agriculture ou au lotissement urbain. Aujourd'hui, les Canadiens sont de plus en plus sensibilisés aux importantes fonctions des terres humides. En effet, les marais, marécages, fens et bogs sont des composantes essentielles de la biosphère. Outre l'immense valeur économique que certains de ces écosystèmes possèdent, chacun joue un rôle spécifique dans les cycles naturels et représente un habitat distinct pour la faune.

Principales formes de terres humides dans les forêts aménagées du Canada

Dans le document *Terres humides du Canada* (GTNTH 1988), on trouve la description et la classification de 70 formes de terres humides. Dans la présente annexe, seules sont énumérées les principales formes rencontrées dans les forêts commerciales du Canada.

- **bogs bombés**
- **bogs de plateau du Nord**
- **bogs de bassin**
- **bogs inclinés**
- **fens horizontaux**
- **fens de bassin**
- **fens sourceux**
- **fens côtelés du Nord**
- **marécages de bassin**
- **marécages de ruisseau**
- **marécages de plaines d'inondation**
- **marais de delta**
- **marais côtiers**
- **marais de plaines d'inondation**

À titre d'éléments du paysage général, les terres humides servent d'importants traits d'union entre les terrains bien drainés et les zones d'eau libre des lacs et des cours d'eau. Elles contribuent à maintenir les cycles naturels et les systèmes vitaux dont dépendent la productivité et par conséquent, le potentiel d'utilisation des ressources. La dégradation ou la perte des terres humides peuvent avoir des répercussions profondes sur les autres écosystèmes et la biosphère.

Certaines terres humides sont prisées à cause de leur caractère unique, tandis que d'autres sont importantes comme rémanentes des pertes cumulatives d'habitats types au cours des dernières décennies (Bond *et al.* 1992). Plus nous étudions les terres humides, plus nous en apprenons au sujet de leur valeur écologique, sociologique et économique. Parmi les rôles importants et connus que jouent les terres humides, citons les suivants : habitats de nombreuses espèces animales et végétales, atténuation des crues et de l'érosion, protection de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, lieux de récréation, production de bois et milieux de recherche en écologie (Figure 3).

Décision du Canada de protéger ses terres humides

Ces dernières années, la valeur des terres humides a été de plus en plus reconnue par les politiques des gouvernements et de l'industrie. En 1981, le Canada a signé la *Convention Ramsar relative aux terres humides d'importance internationale*. Jusqu'à ce jour, 31 sites canadiens répartis dans tous les territoires et provinces ont été désignés en lien avec cette convention. En 1986, le Canada et les États-Unis ont signé le *Plan nord-américain de gestion de la sauvagine (PNAGS)* (Environnement Canada et U.S. Department of Interior 1986), qui est consacré à la restauration des populations de la sauvagine et des autres oiseaux migrateurs ou espèces fauniques grâce à la conservation des terres humides et des sites environnants mieux drainés. Ce plan devrait toucher, pour l'ensemble du Canada, plus de 2,4 millions d'hectares d'habitats de qualité situés sur les terres humides et les sites voisins mieux drainés (Comité du PNAGS 1989).

L'Énoncé de l'ACPP stipule les mesures spécifiques énumérées pour le maintien des terres humides : récolte hivernale du bois des tourbières au moyen d'équipements spécialement adaptés; prise de précautions spéciales dans la planification de l'emplacement et de la construction de routes, de ponts et de ponceaux; études adéquates des sites préalablement au drainage des tourbières; application des règlements et des lignes directrices provinciales aux travaux effectués sur les terres humides ou à proximité.

Le gouvernement canadien a adopté la *Politique fédérale sur la conservation des terres humides* (Gouvernement du Canada 1991). On y retrouve, entre autres, les buts suivants :

- aucune perte nette des fonctions des terres humides situées sur toutes les terres et eaux fédérales;
- amélioration et restauration des terres humides dans les régions où la perte ou la dégradation continuelle de ces milieux ou de leurs fonctions ont atteint un point critique;

FONCTIONS — (CAPACITÉS)	EXEMPLES DE PRODUITS, SERVICES ET EXPÉRIENCES CRÉÉS PAR LES TERRES HUMIDES	EXEMPLES D'AVANTAGES ASSURÉS À LA SOCIÉTÉ PAR LES TERRES HUMIDES
Vitales		
Régulation/ Absorption	Régulation du climat, absorption des substances toxiques, stabilisation des processus de la biosphère, stockage de l'eau, nettoyage.	Lutte contre les inondations, (vies sauvées, dollars économisés) réduction des contaminants, eau propre, réduction des dommages causés par les tempêtes, bienfaits pour la santé, lutte contre l'érosion.
Santé de l'écosystème	Cycle des éléments nutritifs, support de la chaîne alimentaire, habitat, stockage de biomasse, diversité génétique et biologique.	Qualité de l'environnement, maintien de l'intégrité de l'écosystème, réduction des risques (et valeurs des options connexes).
Sociales/Culturelles		
Science/ Information	Spécimens pour la recherche, les jardins zoologiques, les jardins botaniques, écosystèmes représentatifs et uniques.	Meilleure connaissance de la nature – emplacements pour l'étude de la nature, la recherche, l'éducation (excursions).
Esthétique/ Récréatives	Utilisations non consommatrices comme l'observation, la photographie, l'observation des oiseaux, les sentiers pédestres, la natation.	Avantages économiques directs pour les utilisateurs, plaisir personnel et relaxation, avantages pour l'industrie du tourisme et l'économie locale.
Culturelles/ Psychologiques	Les utilisations des terres humides peuvent faire partie des traditions de collectivités, de groupes religieux ou culturels, de futures possibilités (option).	Cohésion sociale, maintien de la culture, valeur pour les générations à venir, valeurs symboliques.
Production		
Production de subsistance	Production naturelle d'oiseaux, de poissons, de plantes (p. ex. les baies de saison, les joncs, le riz sauvage).	Nourriture, fibre, autonomie pour les collectivités, remplacement de certains produits importés, maintien des traditions.
Production commerciale	Production alimentaire (p. ex. poisson, cultures), fibres (p. ex. bois, paille), suppléments des sols (p. ex. tourbe).	Produits pour la vente, emplois, revenus, contribution au PNB.

Figure 3 - Traduire les fonctions des terres humides en avantages prisés par la société

(Adapté de deGroot, 1988 et Filion, 1988)

- reconnaissance des fonctions des terres humides dans la planification, l'aménagement et la prise de décisions économiques relatives aux ressources dans tous les programmes, politiques et activités fédérales.

Il faut également mentionner un certain nombre d'initiatives provinciales et locales telles que les inventaires et les programmes d'évaluation des terres humides (Bond *et al.* 1992). L'Ontario vient d'adopter une politique provinciale des terres humides, tandis que l'Alberta et la Saskatchewan sont en train d'en élaborer une.

En avril 1992, l'Association canadienne des pâtes et papiers a publié un *Énoncé sur la foresterie. Les terres humides*. Cet énoncé stipule que «l'industrie des pâtes et papiers contribue de façon importante au maintien des terres humides du Canada en reconnaissant leurs fonctions dans son processus de planification de l'aménagement des ressources forestières». Parmi les mesures spécifiques énumérées pour le maintien des terres humides, citons les suivantes : récolte hivernale du bois des tourbières au moyen d'équipements spécialement adaptés; prise de précautions spéciales dans la planification de l'emplacement et de la construction de routes, de ponts et de ponceaux; études adéquates des sites préalablement au drainage des tourbières; application des règlements et des lignes directrices provinciales aux travaux effectués sur les terres humides ou à proximité. L'Association canadienne de la tourbe de sphaigne a adopté en 1991 une *Politique de conservation et de réaménagement*, tandis que d'autres industries ont démontré leurs intentions en entreprenant des projets de conservation des terres humides (Lynch-Stewart *et al.* 1993).

Valeurs et usages des forêts

Parmi les classes de terres humides, le marécage que l'on observe sur les sols minéraux et organiques, possède le meilleur potentiel pour la production forestière. Au Canada, l'épinette noire est l'essence la plus récoltée dans les marécages. Parmi les autres essences d'importance commerciale, citons le mélèze et le thuya occidental. Outre les marécages à épinettes, on exploite également certains fens arborés et certains marécages couverts de feuillus (Jeglum 1991a).

Il n'existe pas d'estimation précise de l'étendue des forêts productives sur les terres humides du Canada. Toutefois, la plupart des provinces possèdent une superficie importante de terres humides couvertes de forêts plus ou moins denses. Les tourbières dominées par l'épinette noire produisent environ 20 % de toutes les billes récoltées en Ontario. Les terres humides sont également la source d'une importante production forestière dans les autres provinces telles que le Québec, l'Alberta et le Manitoba (Haavisto et Jeglum 1991).

Sur les terres humides, la plus grande partie de la récolte est pratiquée par la coupe à blanc. La protection de la régénération préétablie (laissée sur place lors de l'exploitation) est la méthode la plus répandue pour assurer le rétablissement de la végétation arborée. Lorsque requis, on supplée à la régénération naturelle par la plantation. Les autres traitements sylvicoles, comme la coupe d'éclaircie, la coupe de dégagement, l'application d'engrais et le drainage, sont peu répandus (Jeglum 1991a).

Grâce au drainage, accompagné ou non de l'application d'engrais, le potentiel forestier peut être amélioré dans plusieurs tourbières forestières et stations humides sur sol minéral. De nombreuses stations de ce type ont été mises en valeur pour la production forestière en Scandinavie. Au Canada, le drainage des terres humides en vue d'y faire croître des forêts se limite à moins de 25 000 ha (Haavisto et Jeglum 1991) et la plus grande partie de ces travaux étaient de nature expérimentale. C'est au Québec que le drainage est le plus étendu car la province en subventionne les travaux sur les terres privées. Ces dernières années, quelque 5 000 ha ont été drainés chaque année au Québec, surtout sur les parterres de coupe à blanc en terrains privés (Trottier 1991b). Il existe un fort potentiel pour augmenter la production de bois par le drainage des terres humides sélectionnées pour leur potentiel de réaction (Haavisto et Jeglum 1991).

Foresterie et terres humides

Deux grandes catégories de drainage peuvent être reconnues : le drainage intensif et le drainage extensif. Le drainage intensif, qui vise à accroître la productivité de l'ensemble de la station, comporte un système étudié de fossés uniformément espacés. On obtient ainsi une densité importante de fossés dont le but est d'abaisser la nappe phréatique sur la station. On peut aussi utiliser des engrais pour corriger certaines carences ou déséquilibres en éléments nutritifs. Le drainage extensif, moins coûteux, comporte le creusage d'un nombre limité de fossés pour répondre à des problèmes particuliers. Des fossés peuvent ainsi être creusés dans des zones particulièrement humides avant la coupe ou qui le deviennent par remontée de la nappe après la récolte (Hånell 1991; Trettin *et al.* 1991; Jeglum 1993).

Le recours au drainage des terres humides pour la production forestière est conditionné par les facteurs économiques. Le creusage et l'entretien des fossés ainsi que l'application des engrais sont des dépenses qui doivent être justifiées par les profits prévus de l'augmentation de l'accroissement des arbres et de la valeur de vente des produits forestiers. Ces facteurs continueront probablement à

limiter l'ampleur des travaux de drainage des forêts canadiennes. En l'absence de subventions, le drainage intensif est peu susceptible de se répandre. D'autre part, le drainage extensif est plus sujet à être appliqué afin de réduire la remontée de la nappe phréatique après la coupe (Jeglum 1993).

Impacts potentiels des opérations forestières sur les terres humides

Les opérations forestières effectuées directement sur la station humide et celles pratiquées sur les terres environnantes mieux drainées peuvent avoir un impact sur les terres humides. Il en est de même pour les routes d'accès aux forêts et les chemins de débusquage situés sur la station humide ou autour de celle-ci. Le drainage des terres humides peut aussi exercer toute une gamme d'effets, selon l'étendue et l'intensité du traitement.

Opérations effectuées sur les stations humides

Les opérations forestières sur les stations humides, comparativement à celles effectuées sur des sites bien drainés, peuvent être particulièrement dommageables pour le sol et les valeurs écologiques et sociales rattachées aux terres humides.

La récolte est susceptible d'être dommageable pour les tourbières, en raison de la vulnérabilité des stations aux dégâts causés par la machinerie et de l'inhibition subséquente de la régénération naturelle. La récolte du bois se produit exclusivement sur les terres humides où les arbres sont de taille marchande, surtout les marécages arborés. La plupart du temps, il n'y a pas de récolte dans les stations classées comme eaux peu profondes, marais, marécages arbustifs, fens et bogs. Ces terres humides peuvent cependant subir les effets secondaires de la construction des routes forestières, de l'érosion et des modifications au régime hydrologique, incluant le drainage naturel.

Les principaux problèmes inhérents à la récolte sont la perturbation du drainage naturel et le brassage des sols. Le passage des débusqueuses défonce la couche superficielle composée, entre autres, de racines entrelacées, et compacte la tourbe sous-jacente, ce qui forme des ornières qui se remplissent d'eau. La survie des semis est diminuée par le soulèvement dû au gel, l'érosion et la concurrence sévère des carex, graminées, quenouilles et aulnes (Jeglum *et al.* 1983; Groot 1987).

À l'origine, les coupes sur les stations forestières humides du Canada étaient effectuées en hiver, à l'aide du cheval. Les dégâts étaient minimes et, habituellement, la régénération préétablie épargnée lors de la coupe suffisait à l'établissement de la forêt de seconde venue. La mécanisation forestière qui a suivi la Seconde Guerre mondiale a entraîné l'utilisation de débusqueuses à pneus de caoutchouc, l'augmentation de la taille des assiettes de coupes à blanc et l'étalement des opérations forestières pendant toute l'année. Les opérations de coupe et de débusquage étaient conduites sans protéger la régénération préexistante. De plus, les opérations estivales perturbaient considérablement la surface du sol (Jeglum 1991). Ces dernières années, l'industrie et les organismes gouvernementaux chargés des forêts ont collaboré à l'élaboration de nouvelles méthodes sylvicoles visant à réduire les dégâts causés aux stations et à assurer la régénération. Les recherches effectuées au Québec sur les débusqueuses à pneus larges par l'Institut canadien de recherches en génie forestier sont à souligner (Mellgren et Heidersdorf 1984). Cet aspect sera aussi traité dans la section intitulée «Foresterie adaptée à chaque station — Expérience de l'Ontario».

Une étude sur la récolte dans les tourbières à épinettes noires de la ceinture argileuse (*Clay belt*) de l'Ontario (Groot 1987) a permis de constater que le degré de perturbation des stations était fortement corrélé aux caractéristiques stationnelles et aux modes d'opérations forestières.

Les tourbières à épinettes noires étaient de types épinette noire/thé du Labrador *(Ledum)* et épinette noire/aulne (*Alnus*/ pauvre en plantes herbacées), selon la classification des écosystèmes forestiers de la zone argileuse (Jones *et al.* 1983). On traite plus en profondeur de cette classification dans la section intitulée «Foresterie adaptée à chaque station — Expérience de l'Ontario». Les trois modes d'opérations forestières examinés étaient les suivants :

- coupe hivernale avec abatteuse-groupeuse et débardeuse d'arbres entiers à pneus étroits;
- coupe estivale avec abatteuse-groupeuse et débardeuse d'arbres entiers, à pneus larges;
- coupe estivale classique, c'est-à-dire abattage manuel à la tronçonneuse et débusquage de troncs entiers au moyen de tracteurs à pneus étroits.

Le type de site à *Ledum* est plus pauvre en éléments nutritifs; il possède une tourbe fibrique mieux développée et un enchevêtrement de racines qui résiste plus fortement au défoncement par la machinerie que le type à *Alnus* pauvre en plantes herbacées. Ce dernier type a davantage souffert de la récolte classique estivale que le type à *Ledum*. Dans les deux types de stations, l'orniérage est plus développé par la récolte estivale classique. Afin de réduire les dégâts causés aux stations, il a été recommandé d'effectuer la récolte durant l'hiver, sur toute les aires de coupe comprenant une proportion notable de tourbières. Dans cette étude, nous n'avons pas considéré les perturbations occasionnées par les routes et les jetées, qui peuvent représenter de 10 à 15 % de la superficie coupée. On devrait tenir compte de ces facteurs pour une évaluation complète des effets des opérations forestières et pour planifier ces dernières en conséquence.

La coupe sur les marécages ou les fens arborés de bassins, plats ou faiblement inclinés, peut provoquer une forte remontée de la nappe phréatique. La transpiration et l'interception de la forêt sont remplacées par des taux inférieurs d'évaporation de l'eau en surface et de transpiration des plantes basses. La nappe phréatique s'élève donc rapidement et reste élevée pendant quelques années, jusqu'à ce que la végétation se rétablisse et utilise plus d'eau, ce qui provoque le rabattement de la nappe phréatique. Il arrive souvent que les sites endommagés au cours de la récolte se couvrent de quenouilles, de graminées et de carex, ce qui rend le site très difficile à régénérer en essences forestières (Jeglum 1993).

Il est recommandé de ne pas effectuer de traitements intensifs, durant l'été, dans le but d'assurer la régénération des stations humides. Des perturbations excessives risquent de porter atteinte aux lits de germination, de créer des conditions favorisant la concurrence par les graminées et les carex et de favoriser l'érosion et l'envasement qui s'ensuit (Jeglum 1993).

Les jetées localisées sur les terres humides ou nuisant au drainage naturel peuvent dégrader la qualité de l'eau ainsi que l'habitat (Maryland Department of Natural Resources 1992).

Opérations sur les terres mieux drainées entourant les terres humides

La dégradation de la qualité de l'eau par l'érosion et l'écoulement de surface sont des conséquences potentielles de la coupe sur les terres mieux drainées entourant les terres humides. L'accès aux terres mieux drainées et la localisation de jetées dans les marais, fens et bogs pour exploiter les terres mieux drainées, occasionne des passages répétés de la machinerie sur les terres humides. Ces déplacements, parfois inutiles, détruisent la végétation et occasionnent de l'orniérage en été.

En hiver, cette pratique risque d'endommager la végétation et d'occasionner l'accumulation de débris qui seront entraînés lors de la fonte des neiges dans le réseau de drainage des terres humides.

Drainage des terres humides arborées pour la foresterie

On peut s'attendre à un certain nombre de changements notables consécutifs au drainage des tourbières arborées. Ces changements, occasionnés par l'abaissement de la nappe phréatique, comprennent une croissance racinaire plus profonde et une augmentation de la vitesse de décomposition de la tourbe superficielle, accompagnée d'un relâchement d'éléments nutritifs. Par conséquent, l'augmentation de l'accroissement des arbres affecte la végétation inférieure et le milieu de croissance. Les formations végétales typiques des milieux humides évolueraient naturellement vers des formations caractéristiques de stations plus sèches (Heikurainen et Pakarinen 1982).

Forêts Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario participent actuellement à un projet expérimental de drainage dans la région argileuse, près de Cochrane (Ontario). Le Projet de drainage du ruisseau Wally a été entrepris en 1984 avec l'application de techniques de creusage de fossés élaborées en Finlande. Le drainage de 375 ha de forêt d'épinettes noires sur milieu humide doit servir de projet pilote pour l'élaboration de normes opérationnelles de drainage et l'évaluation de la faisabilité du drainage à grande échelle dans les tourbières arborées du Canada. Les études effectuées en marge du projet ont porté sur l'accroissement des arbres et des semis en réponse au drainage, sur les coûts des traitements et sur les effets environnementaux (Rosen 1986; Jeglum 1991b).

Voici un exposé sommaire des principales conséquences du drainage sur les tourbières boisées.

Une augmentation significative de la croissance de jeunes épinettes noires a été obtenue suite au drainage d'un marécage à épinettes noires par le Service des forêts de l'Alberta. La croissance en diamètre et en volume a augmenté respectivement par 2,3 et 5,0 fois par rapport à celle des arbres en stations témoins non drainées (Hillman 1991). Au Québec, dans un marécage à mélèzes, cinq ans après le drainage, on a observé une augmentation maximale du diamètre des gaulis de 85 % contre 15 % chez les sujets de parcelles témoins non drainées. Les accroissements en hauteur ont augmenté jusqu'à 64 %, contre 10 % dans le cas des témoins (Trottier 1991a). Ces études et d'autres effectuées en Finlande et aux États-Unis ont démontré une augmentation variable de l'accroissement des arbres due au drainage. La réaction est corrélée aux caractéristiques des stations et à la distance séparant les arbres des fossés de drainage.

L'appauvrissement en éléments nutritifs peut être une conséquence du drainage, du fait de la croissance accélérée des arbres ou de l'abaissement de la nappe phréatique, qui favorise le lessivage des éléments nutritifs par les précipitations. Toutefois, les chercheurs finlandais, qui ont étudié l'accumulation des éléments nutritifs dans la tourbe d'une station forestière, 55 ans après le drainage, n'ont constaté aucun changement marqué de l'équilibre nutritif (Laiho et Laine 1991).

La *perturbation du régime naturel de l'écoulement* est l'une des préoccupations les plus importantes suscitées par le drainage (Vompersky *et al.* 1992). Au cours d'une étude faisant partie du Projet de drainage du ruisseau Wally en Ontario, on a observé une augmentation des crues de fonte et d'orage dans un bassin et sa diminution dans un autre bassin. Dans les

deux bassins, il y a eu augmentation des débits d'étiage estivaux. Les augmentations ou les diminutions du débit ont été corrélées à la nature des bassins hydrographiques et du réseau de fossés. L'étude a conclu que le drainage n'influençait pas nécessairement de façon négative le débit des cours d'eau, plus particulièrement lorsque la superficie drainée ne constitue qu'une faible fraction de l'ensemble du bassin hydrographique (Berry 1991a).

Les effets du drainage des terres humides forestières sur la *qualité de l'eau* dépendent du type de terre humide, du matériau parental du sol sous-jacent, des espèces végétales et du climat. En Finlande, les eaux évacuées suite aux travaux de drainage des tourbières arborées transportaient de fortes quantités de matières organiques et minérales en suspension, ainsi que des éléments nutritifs lixiviés. L'augmentation de la concentration des matières en suspension peut être le plus grave de ces effets, et le problème est le plus évident peu après le creusage des fossés (Joensuu 1991). Les chercheurs, dans le cadre du Projet du ruisseau Wally, ont constaté que le drainage augmentait le pH, les concentrations d'ions et l'alcalinité dans les eaux provenant des superficies drainées. Ils ont aussi constaté que la qualité de l'eau, à cinq kilomètres en aval du fossé d'évacuation, n'était pas modifiée de façon notable. Toutefois, l'aire drainée ne couvrait que 7 % du bassin hydrographique et, selon les observateurs, les effets sur la qualité de l'eau auraient pû être significatifs si les travaux avaient été plus étendus (Berry 1991b).

Les *effets négatifs subis par certaines formations végétales des terres humides* pourraient provenir de pratiques forestières qui augmentent la disponibilité des éléments nutritifs. Des chercheurs de l'Université d'Ottawa, qui étudiaient divers types de terres humides de l'est du Canada, ont constaté que les terres humides pauvres (volume sur pied faible) étaient plus riches en espèces et beaucoup plus riches en espèces rares que les terres humides fertiles (Moore *et al.* 1989; Wisheu *et al.* 1990). Selon les conditions initiales qui existent dans une terre humide peu fertile, l'eutrophisation pourrait soit augmenter, soit diminuer la diversité des espèces. Toutefois, comme les végétaux rares préfèrent les stations de faible biomasse, l'eutrophisation pourrait être un motif de préoccupation pour la conservation.

Les *effets écologiques* du drainage des tourbières ont été étudiés pendant plusieurs décennies par les chercheurs de la Finlande. Dans certains cas, on s'est trompé sur la vitesse et le sens de la succession des espèces forestières (Reinikainen 1991). Ce constat souligne la nécessité de mieux connaître les effets écologiques du drainage afin de s'assurer que l'on obtiendra les résultats voulus et que l'on évitera des répercussions imprévues sur l'environnement.

Voies d'accès à la forêt

Les routes qui traversent les terres humides nuisent souvent à leur drainage naturel. On constate fréquemment un ennoiement en amont de la route, ce qui cause la mortalité de la végétation et provoque l'assèchement partiel du secteur en aval de la route. En amont de la route, le terrain peut évoluer vers des formations végétales très ouvertes typiques de bogs ou de marais, ou vers l'accumulation d'eau libre (Jeglum 1989). La perturbation d'un cours d'eau peut influencer à la fois le débit et la direction de l'écoulement, ce qui a pour conséquence d'accroître l'affouillement du lit, l'érosion des berges et les crues (Baker 1991).

La construction de routes sur les sites mieux drainés peut causer l'érosion des sols et la sédimentation sur le site et sur les stations humides avoisinantes. Parmi les causes de ces phénomènes, citons le détournement ou la perturbation de l'écoulement dans le réseau de drainage naturel, les chemins en pentes fortes qui favorisent l'érosion et les déficiences des fossés de drainage des routes (Corner Brook Pulp and Paper Ltd. 1991).

Les routes traversant les terres humides présentent un risque plus faible de provoquer de l'érosion et de la sédimentation que les routes localisées sur les sites mieux drainés. En revanche, elles présentent un risque plus élevé de détourner ou de bloquer l'écoulement du réseau de drainage naturel (Baker 1991). Dans beaucoup de stations humides, la construction de routes peut exiger une préparation très élaborée de l'assise et la prise de diverses mesures pour ne pas perturber le drainage naturel. On peut atténuer l'ampleur de ces mesures et les conséquences sur les terres humides en utilisant des routes d'hiver qui ne requièrent pas la construction d'une assise.

Mesures pour corriger ou atténuer les conséquences des opérations forestières

Les institutions responsables des forêts et les sociétés d'exploitation forestière d'un certain nombre de provinces ont élaboré des mesures pour tenir compte des diverses préoccupations, déjà soulignées, à l'égard des terres humides. Ces mesures comprennent de nouvelles méthodes sylvicoles visant à réduire les perturbations des stations humides, des techniques de construction de routes qui préservent le drainage naturel et préviennent l'érosion ainsi que des méthodes d'aménagement forestier qui intègrent les opérations forestières aux mesures de conservation de la faune. Dans un certain nombre de domaines, la recherche-développement permet d'améliorer la compatibilité des opérations forestières avec les diverses fonctions des terres humides. Plusieurs exemples sont présentés ci-dessous.

Photo : G. Stanley

Routes forestières freinant le drainage naturel et provoquant l'ennoiement des terrains en amont.

Foresterie adaptée à chaque station – Expérience de l'Ontario

La reconnaissance des dégâts et des problèmes de régénération qui peuvent résulter de l'exploitation forestière classique des tourbières a amené à la mise au point d'une méthode d'exploitation forestière (Rosen 1986) adaptée à chaque type de stations dans la ceinture argileuse *(Clay belt)* de l'Ontario. Cette forme récente d'exploitation forestière, qui fait suite à l'utilisation du cheval puis à celle des débusqueuses sur roues, présente certains aspects importants :

- les *Ententes d'aménagement forestier (FAF)* transfèrent la responsabilité d'assurer la régénération de la forêt, du gouvernement aux compagnies forestières;

- on a mis au point une classification détaillée des stations, appelée *Classification des écosystèmes forestiers (CEF)* (Jones *et al.* 1983);
- on a amélioré les équipements et les pratiques sylvicoles afin d'augmenter le taux de régénération après la coupe à blanc dans les tourbières (Rosen 1986).

Le système des EAF a été inauguré en 1980, lorsqu'Abitibi-Price, à Iroquois Falls, est devenue la première signataire d'une telle entente avec le gouvernement ontarien. En vertu de ces ententes, les sociétés sont responsables des travaux sylvicoles sur leurs concessions visant à assurer une régénération rapide et efficace des terrains déboisés. Faute d'atteindre les objectifs fixés pour la régénération, le signataire d'une entente est passible d'une réduction équivalente de sa possibilité de récolte (Haavisto *et al.* 1988). Une partie des coûts de la régénération est remboursée aux sociétés forestières en fonction de pratiques sylvicoles convenues dans un programme appelé «options de récolte et de régénération». Ces régimes sont élaborés pour des classes particulières de stations, d'après la classification des écosystèmes forestiers (Ecological Services for Planning Ltd. 1987). Cette classification permet d'identifier les types de stations de la zone argileuse ontarienne dont la réaction aux traitements sylvicoles est prévisible (Haavisto *et al.* 1988). On a ainsi mis au point des critères pour aider les aménagistes à prendre des décisions éclairées au sujet des modes de récolte et des prescriptions sylvicoles. Cette approche réduira les conséquences négatives des opérations forestières. Le personnel de terrain de la zone argileuse est devenu très compétent pour discerner les stations et les classer selon la classification écologique forestière (Rosen 1989).

Photo : Institut canadien de recherches en génie forestier

Préparation du site pour la plantation ou l'ensemencement, au moyen d'un bulldozer muni d'une gratte aiguisée. Le travail est effectué en hiver afin de minimiser les perturbations de la station.

Une innovation récente de l'exploitation forestière des tourbières de l'Ontario a été l'emploi de pneus ou de chenilles larges pour réduire la pression exercée sur le sol par la machinerie forestière et minimiser, par conséquent, les dégâts dus à l'orniérage. Cette innovation s'est accompagnée d'un emploi accru d'équipements plus gros (débusqueuses et débardeuses) qui peuvent transporter plus d'arbres à la fois, réduisant ainsi le nombre de passages sur le sol.

Ensemble, ces mesures permettent d'atténuer la gravité et l'étendue des dégâts causés aux stations, de protéger la régénération préexistante et d'améliorer les taux de régénération naturelle. Ces modifications de la machinerie, associées à d'autres mesures, constituent le concept d'exploitation forestière soignée *(careful logging)* (Jeglum 1991a) ou de protection de la régénération préexistante *(careful logging around advance growth)* (Jeglum *et al.* 1983; Gingras *et al.* 1991). Ces mesures comprennent, entre autres :

Photo : G. Bauley

Machine servant à l'exploitation forestière et exerçant peu de pression sur le sol : débusqueuse à pneus larges.

- l'utilisation des mêmes sentiers de débusquage par les différentes machines (abatteuse-groupeuse ou abatteuse-ébrancheuse) de façon à épargner la régénération préexistante entre les sentiers;
- l'utilisation de flèches plus longues sur les abatteuses-ébrancheuses afin d'augmenter l'espace entre les sentiers de débusquage;
- l'utilisation de débusqueuses et de débardeuses, et l'application de méthodes qui réduisent au minimum les dégâts causés à la régénération préétablie (Jeglum 1991a).

La préparation du terrain peut améliorer la régénération de l'épinette noire à partir de la semence (bien que l'opération soit susceptible de réduire la régénération préétablie). La faible portance de la tourbe est un problème pour la machinerie durant la période exempte de gel. Ceci a conduit à la mise au point d'une technique de préparation du site utilisant un bulldozer qui tranche la végétation au ras du sol à l'aide d'une lame bien aiguisée. On a recours à cette technique lorsque l'on veut planter des semis ou pratiquer l'ensemencement direct. On l'applique en hiver afin d'éviter l'orniérage et le défonçage du tapis racinaire. On élimine ainsi la végétation concurrente tout en perturbant relativement peu la station, ce qui assure un bon lit de germination à l'épinette noire (Ecological Services for Planning Ltd. 1987; Pelletier 1991).

En limitant à certaines saisons les opérations dans les stations humides, on peut en atténuer les effets néfastes potentiels. La récolte dans les stations humides pendant l'hiver peut réduire l'orniérage et prévenir la formation de mares par l'accumulation d'eau en surface. Les routes d'hiver réduisent souvent la nécessité de construire des ouvrages pour traverser les cours d'eau et suppriment le besoin de remblais pour former l'assise du chemin. On réduit ainsi les risques de modification du drainage naturel et d'érosion aux passages des cours d'eau. Des mesures adaptées aux différents sites sont présentement développées et appliquées dans l'ensemble du pays.

Consultation des spécialistes

Les préoccupations accrues à l'égard des valeurs forestières, autres que la matière ligneuse, ont incité les compagnies à faire appel aux biologistes lors de la planification des opérations forestières. Ces biologistes peuvent faire partie du personnel permanent ou être engagés comme experts-conseil. Ils agissent normalement comme conseillers au personnel de terrain et aux planificateurs, dans le but d'intégrer dans les plans et opérations d'aménagement forestier, les actions pour valoriser la faune et les autres ressources. Ils peuvent ainsi recommander des mesures de coupe pour maintenir ou améliorer l'habitat faunique, ou encore collaborer avec le personnel de construction des routes, pour mettre au point des techniques de restauration du sol ou d'atténuation de l'érosion et de la sédimentation aux points de traverse des cours d'eau. En collaboration avec les

Photo: D. Sheehy

Assiette de coupe illustrant les résultats des mesures de protection de la régénération préétablie. Les jeunes arbres étaient présents dans la station au moment de la coupe.

planificateurs, le personnel chargé de la construction des routes et celui des opérations forestières, ces biologistes aident à identifier les problèmes et à imaginer les solutions (Smith 1992). Cette approche peut être efficace pour mettre au point des solutions adaptées au site et peu coûteuses dans le but de prévenir et de corriger les problèmes et faire face à des situations imprévues. Parmi les mesures développées, citons :

- l'installation de drains de traverse sous les routes pour dévier l'écoulement d'un fossé vers une zone de sol non perturbé de l'autre côté du chemin;
- la construction de barres pour diriger l'eau vers les drains de traverse;
- la construction de fosses à sédiments pour recevoir l'écoulement de surface (ces étangs seraient intégrés au réseau de fossés pour ralentir l'écoulement de l'eau et favoriser la décantation des matières en suspension);
- la stabilisation des sols facilement érodés au moyen d'une couche de pierres concassées;
- l'emploi de mélanges sélectionnés de semences pour stabiliser les sols exposés à l'érosion.

Photo : G. Shelby

Ponceau de métal installé pour acheminer l'eau de drainage sous l'assise de la route. On remarquera la barre construite afin de dévier l'eau vers le ponceau.

Photo : G. Shelby

Cette route, construite le long d'une longue pente sur sol exposé à l'érosion, a été stabilisée au moyen de pierres concassées et de graminées ensemencées.

Planification en fonction des habitats fauniques

Dans plusieurs provinces, les entreprises forestières se sont associées aux organismes de protection de la faune et aux organismes non gouvernementaux de conservation pour intégrer à leurs plans d'aménagement forestier les besoins en matière d'habitat faunique. Voici des exemples de projets innovateurs entrepris en ce sens :

- Le **Programme d'aménagement des habitats en milieu forestier** du Nouveau-Brunswick comporte l'évaluation et la validation des liens entre les espèces fauniques et les habitats forestiers. Le but est de définir des objectifs explicites pour atteindre le nombre et la répartition des classes d'habitats forestiers nécessaires pour obtenir les niveaux de population faunique visés dans chacune des dix concessions forestières (Habitat faunique Canada 1992).

- Au Manitoba, le **Projet d'aménagement forestier et faunique** est une entreprise mixte du ministère des Ressources naturelles du Manitoba, d'Abitibi-Price Inc., de REPAP Manitoba, d'Habitat faunique Canada et de Forêts Canada. Ce projet, exécuté sous l'égide de l'Entente de coopération Canada-Manitoba en foresterie et de la Corporation du patrimoine manitobain des habitats, s'adresse aux aménagistes des ressources et vise à développer des guides pour estimer la valeur des habitats fauniques forestiers. Grâce à la sélection d'espèces fauniques indicatrices, on peut construire des modèles pour prédire les changements du nombre et de la qualité des habitats fauniques pour la faune autochtone, conséquemment aux types d'aménagement forestier. En intégrant ces modèles dans un système informatisé d'information géographique, les aménagistes des ressources pourront évaluer diverses options d'aménagement forestier et modifier leurs plans, au besoin (Manitoba Department of Natural Resources *et al.* 1992).
- Le **Programme intégré foresterie/faune** de la Saskatchewan réunit Habitat faunique Canada, Weyerhaeuser Canada Ltd., la Fédération de la faune de la Saskatchewan, des organismes fédéraux et provinciaux ainsi que d'autres organisations. Ce programme quinquennal vise à identifier les espèces fauniques d'importance ainsi qu'à préciser leurs effectifs, à dresser l'inventaire des habitats, à obtenir une analyse informatisée de la qualité des habitats et à intégrer les objectifs fixés en matière d'habitat aux plans d'exploitation forestière (Habitat faunique Canada 1992).
- Le **Projet Weldwood-Hinton d'aménagement intégré des forêts et de la faune** réunit Weldwood of Canada Ltd. et le ministère des Forêts, des Terres et de la Faune de l'Alberta dans le développement, en collaboration, d'un modèle de prédiction des approvisionnements futurs en bois et en habitats fauniques. Dans le cadre du projet, on examinera, à l'échelle des paysages, les effets à long terme des plans d'aménagement sur l'habitat faunique. On s'en servira pour coordonner les objectifs de l'aménagement intégré et améliorer les modes de gestion du territoire faisant l'objet de l'Entente d'aménagement forestier de la société Weldwood à Hinton (Alberta) (Bonar 1991).
- Au Québec, le Comité **Action aménagement**, établi en 1985, implique la collaboration du ministère du Loisir,

Photo : G. Shaffer

Un étang de décantation permettant de maintenir la qualité de l'eau de ruissellement provenant de la route.

de la Chasse et de la Pêche, le ministère des Forêts et la Fondation de la faune du Québec. L'objectif est le développement d'une stratégie d'aménagement forestier des ravages de chevreuils localisés sur les propriétés de Domtar et sur les terres de la Couronne. Le plan de 70 ans, révisé à tous les cinq ans, décrit les objectifs et les techniques adoptés dans le but de maintenir le potentiel de production de la matière ligneuse et de la faune sur des aires spécifiques (Dorval 1993).

- En Colombie-Britannique, Fletcher Challenge Canada a élaboré le **Projet de cartographie de la capacité de support hivernal du chevreuil de la Côte Ouest**, en collaboration avec les ministères des Forêts et de l'Environnement, des Terres et des Parcs de la Colombie-Britannique. Le projet vise à développer un système cartographique qui intègre les données biogéoclimatiques, topographiques (pentes et expositions) et de distribution de la neige dans le but de proposer une stratégie détaillée d'utilisation du territoire. L'utilisation d'un système d'information géographique à référence spatiale facilite la superposition des cartes thématiques, le classement des indicateurs et la production d'une carte synthèse de la capacité de support hivernale du chevreuil estimée à partir des données. Ce système cartographique sera utilisé pour établir un calendrier de coupe des forêts matures ayant un haut potentiel pour l'habitat d'hiver du chevreuil (Lindsay 1993).

Ces approches de la gestion intégrée du territoire à l'échelle régionale pourraient servir d'exemple à l'aménagement des terres humides et de leur faune.

Photo : CNACTH (Canada)

Le complexe de terres humides de la rivière Upper Humber est l'une des principales régions productrices de sauvagine à Terre-Neuve.

Collaboration pour la conservation des terres humides

Les compagnies peuvent contribuer significativement à la conservation des terres humides en s'associant avec diverses institutions pour supporter des projets de conservation.

Ainsi, la Corner Brook Pulp and Paper Ltd. s'est associée au ministère de l'Environnement et des Terres de Terre-Neuve et du Labrador et à Canards Illimités Canada, pour protéger et améliorer les habitats du complexe de terres humides du bassin de la **rivière Upper Humber.** Englobées dans l'unité d'aménagement de cette société papetière, ces terres humides constituent la zone la plus productive de sauvagine de la province. Ce projet fait partie du *Plan conjoint des habitats de l'est du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine.* Les participants mettent en application une entente de gestion des terres qui permettra à la province d'établir une réserve faunique dans la région et à la compagnie Corner Brook de s'adonner aux opérations forestières compatibles avec la faune (Soper 1990).

Photo : Stora Forest Industries Ltd.

L'utilisation de ponts portatifs en acier comme méthode de protection des cours d'eau.

En Nouvelle-Écosse, l'intégration des besoins de la faune aux régimes d'aménagement intensif fait l'objet du **Projet forestier et faunique de la rivière Saint Mary** dans lequel Stora Forest Industries Ltd. et Scott Maritimes Ltd. collaborent avec des organismes fédéraux et provinciaux chargés des ressources naturelles, Habitat faunique Canada et d'autres groupes de conservation. Ce projet comprend la mise au point de techniques pour conserver et améliorer les habitats riverains (Habitat faunique Canada 1992). Parmi les résultats obtenus, citons une vidéo sur la protection des cours d'eau lors des opérations de débardage du bois (Camozzi 1991). La vidéo décrit des mesures innovatrices telles les ponts portables, construits d'acier ou de billes de bois, imaginés par Stora Forest Industries. L'un de ces ponts réutilisables, qui permet de traverser des cours d'eau de moins de trois mètres de largeur, peut être transporté et installé en quelques minutes par un débardeur à grappin qui peut ensuite l'utiliser pour traverser le ruisseau.

La collaboration dans la conservation des terres humides peut se pratiquer à n'importe quelle échelle. Dans un projet modeste mais digne d'être mentionné, Corner Brook Pulp and Paper s'est servi de techniques innovatrices de construction routière pour traverser un ruisseau marécageux, tout en améliorant l'habitat pour la sauvagine. Canards Illimités Canada a aidé à concevoir l'ouvrage permettant de traverser le cours d'eau tandis que Pêches et Océans Canada a identifié les mesures de protection exigées pour l'habitat halieutique. La compagnie a

fourni le personnel et le matériel pour la construction de l'ouvrage qui consiste en un barrage de terre doté d'une passe migratoire en béton. Le personnel de la compagnie a installé des nichoirs pour la sauvagine à la périphérie de la terre humide améliorée.

Protection des milieux aquatiques fragiles

Diverses mesures peuvent minimiser les conséquences négatives des opérations forestières sur les eaux de surface et les habitats aquatiques. Une situation type, qui s'est présentée dans plusieurs provinces du Canada, est la protection de la qualité de l'eau dans les bassins municipaux. Corner Brook (Terre-Neuve) est une de ces villes dont l'eau d'alimentation provient de l'unité d'aménagement forestier de Corner Brook Pulp and Paper. Afin de poursuivre ses opérations forestières dans le bassin hydrographique, cette société a élaboré, de concert avec un certain nombre d'organismes de la province, des *lignes directrices pour la récolte du bois dans le bassin du ruisseau Corner Brook* (Corner Brook Pulp and Paper Limited 1991). Ce guide décrit une large gamme de mesures d'exploitation visant à maintenir la qualité et le régime d'écoulement. Même si le guide ne s'intéresse pas spécifiquement aux terres humides, la démarche générale et un certain nombre de mesures spécifiques sont applicables à la conservation des terres humides.

Le guide s'adresse au personnel de terrain de la société ainsi qu'aux travailleurs forestiers. De façon concise, il commence par décrire le régime des règlements en vigueur ainsi que les permis exigés pour l'exploitation forestière à l'intérieur du bassin hydrographique. Il décrit ensuite les mesures précises à prendre pour la construction routière, le passage des cours d'eau, les zones tampons, la coupe sur les pentes raides, la manutention et le stockage du carburant et les interventions en cas de déversement accidentel.

Photo : G. Sheehy

Mesures spéciales de construction d'une route pour traverser un ruisseau marécageux. L'assise de la route est une digue de terre qui permet de relever le niveau de l'eau afin d'améliorer l'habitat pour la sauvagine. On observera la passe migratoire au centre de la photographie.

Meilleures pratiques d'aménagement – Expérience des États-Unis

Aux États-Unis, le *Clean Water Act* fixe des buts nationaux de qualité de l'eau et identifie diverses pratiques d'aménagement du territoire susceptibles de causer l'érosion et la pollution par les sédiments. Les pratiques identifiées pour le secteur forestier sont la construction de routes, les coupes et la préparation des sites. Pour appliquer la *Loi*, chaque État élabore ce qu'on appelle les «meilleures pratiques d'aménagement» *(Best Management Practices)*. Il s'agit de méthodes d'aménagement et de techniques sylvicoles visant à prévenir l'érosion à sa source (Baker 1991). Certains États ont élaboré des normes précises et détaillées ainsi que des procédures applicables aux terres humides, aux passages des cours d'eau, ainsi qu'aux zones riveraines. Ce sujet est abordé dans la section intitulée «Autres guides et manuels».

Le Minnesota, qui possède des forêts boréales et des terres humides semblables à celles que l'on trouve dans certaines régions du centre du Canada, a fait preuve d'innovation. Un manuel intitulé *Water Quality in Forest Management* (U.S. Forest Service *et al.*—non daté) a été élaboré ainsi qu'un mécanisme de vérification indépendant afin d'évaluer le respect, par l'industrie forestière, des exigences des meilleures pratiques d'aménagement (Rossman et Phillips 1991). Ce manuel de poche décrit les mesures générales visant à préserver la qualité de l'eau, telles que les bandes de végétation riveraines qui servent à absorber les sédiments ainsi que les procédures à suivre pour la manutention des carburants et des équipements. Il renferme également des normes précises sur :

- la conception, la construction et l'entretien des routes;
- la planification, la conception et l'exécution des opérations forestières;
- la planification, les prescriptions recommandées et les diverses alternatives à la préparation des sites;
- la sélection, la manutention et l'application des pesticides et la lutte intégrée contre les insectes et maladies;
- la planification et les prescriptions relatives au brûlage ainsi que le suivi.

La procédure de vérification comporte des visites sur place par une équipe d'experts dans divers domaines, recrutés chez les organismes fédéraux de l'État et du Comté, les institutions d'éducation supérieure et les organismes de conservation. Les formulaires de vérification s'inspirent des meilleures pratiques d'aménagement décrites dans le manuel *Water Quality*. Pour chaque pratique applicable aux opérations forestières, l'équipe attribue une cote qui varie de la négligence grossière au dépassement des exigences, à l'aide d'une échelle de 1 à 5.

D'autres États ont aussi produit des guides des meilleures pratiques d'aménagement. Celui du Mississippi intitulé *Mississippi's Best Management Practices for Wetlands* (Baker 1991) s'adresse aux opérations forestières sur les terres basses qui occupent une grande superficie. Le Manuel préparé par le Maryland intitulé *Guide to Forest Harvest Operations and Best Management Practices* (Maryland Department of Natural Resources) renferme des mesures détaillées de protection de l'environnement selon divers degrés de restriction des activités forestières.

Le *National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement (NCASI)* est un organisme de recherche et agit à titre consultatif pour l'industrie forestière américaine. En 1989, il a mis sur pied un programme de recherche sur l'environnement des terres humides boisées, afin de déterminer comment les entreprises forestières peuvent «aménager les terres humides pour la production de bois, tout en veillant à d'autres fonctions importantes de ces

écosystèmes tels que le maintien de la qualité de l'eau, la régularisation des débits et la protection de la faune» (Ice et Lucier 1990). Le programme comprend trois buts majeurs :

- identifier et caractériser les types importants de terres humides boisées des États-Unis;
- élaborer des méthodes appropriées pour mesurer les fonctions et la valeur des types de terres humides boisées;
- déterminer les effets à court et long termes de l'aménagement des forêts commerciales sur les fonctions et les valeurs des terres humides boisées, afin de faciliter l'identification des meilleures pratiques d'aménagement qui soient économiquement applicables.

Dans un premier temps, le NCASI a organisé un colloque s'adressant aux préoccupations écologiques, aux techniques d'évaluation et aux options applicables à l'aménagement des terres humides. Publiées dans un bulletin technique (NCASI 1990), les communications du colloque traitent de plusieurs questions pertinentes aux interactions entre les terres humides et l'exploitation forestière au Canada.

Drainage des forêts et protection de l'environnement

Les projets de drainage forestier en Finlande intègrent diverses mesures visant à empêcher les apports des matières en suspension dans le réseau hydrographique. Ces mesures comprennent :

- la réduction de la vitesse d'écoulement de l'eau dans les fossés;
- le maintien de bandes de végétation non perturbées pour filtrer l'écoulement de surface, entre l'exutoire des fossés et les cours d'eau récepteurs;
- l'emploi de barrages temporaires durant la construction des fossés;
- le creusage de fosses et d'étangs de décantation, à des endroits stratégiques du réseau de drainage artificiel (Joensuu 1991).

Plusieurs de ces mesures décrites dans un *Manuel du drainage forestier* rédigé par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (Rosen 1989) ont été appliquées dans le Projet de drainage du ruisseau Wally. Le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a aussi publié un *Guide sur le drainage sylvicole* afin de minimiser les conséquences du drainage sur le milieu.

Une étude sur le drainage et les opérations forestières en relation avec les habitats fauniques au Michigan (Trettin *et al.* 1991) a mis en évidence l'effet marquant des prescriptions sylvicoles sur les niches écologiques. Les auteurs de l'étude ont conclu que les travaux de drainage offrent la possibilité de maintenir ou améliorer les ressources fauniques des terres humides. La répartition des coupes de façon à augmenter la présence d'habitats de lisière et le maintien des chicots sont des éléments importants de cette stratégie. Les fossés fournissent aussi un habitat aquatique. Le maintien ou l'augmentation de la variété d'espèces exigent la définition d'objectifs spécifiques pour les habitats et leur intégration dans les prescriptions sylvicoles.

Autres guides et manuels

En plus des manuels de procédures déjà décrits, plusieurs publications, dont certaines sont très élaborées, décrivent les mesures de protection de l'environnement en relation avec les opérations forestières sur les terres humides ou près de ces dernières. Certaines sont orientées spécifiquement sur la foresterie des milieux humides (South Carolina Forestry Commission—non daté; North Carolina Department of Environment, Health and Natural Resources 1990; Georgia Forestry Association 1990). D'autres documents s'intéressent aux problèmes environnementaux en lien avec la coupe ou la construction de chemins sur divers types de sites (Racey *et al.* 1989; McCubbin *et al.* 1990; ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec 1990;

Newfoundland Department of Forestry and Agriculture et Newfoundland Forest Service, 1992), ou encore aux besoins en matière d'habitats fauniques des terres humides (James 1984 et 1985; ministère des Richesses naturelles de l'Ontario 1988a et 1988b). La plupart des agences concernées par les ressources naturelles ont préparé des manuels ou guides du type déjà décrit.

Au Canada, la plupart des provinces ont développé des normes pour guider les opérations forestières dans la zone riveraine et protéger les habitats pour la faune terrestre et aquatique. Le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario a mis sur pied un programme détaillé s'adressant aux interactions entre les terres humides et les pratiques forestières. Une vidéo, d'une durée de 21 minutes, intitulée *Cutting Near the Edge*, a été produite pour décrire brièvement les préoccupations et les pratiques appropriées d'aménagement forestier sur les terres humides et les zones riveraines. La vidéo présente trois guides qui s'adressent aux aménagistes : *The Code of Practice for Timber Management Operations in Riparian Areas* (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario 1991); *Timber Management Guidelines for the Protection of Fish Habitat* (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario 1988), et *Environmental Guidelines for Access Roads and Water Crossings* (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario 1990).

Conclusion

Les mesures de conservation des terres humides ne doivent pas restreindre indûment les opérations forestières et elles ne sont pas susceptibles d'augmenter de manière significative les coûts de l'industrie. Beaucoup de solutions créatives aux problèmes de conservation sont déjà appliquées au Canada et à l'étranger. L'application élargie des techniques éprouvées contribuera à la conservation de ces habitats vitaux.

Les résultats de la présente étude suggèrent un certain nombre de recommandations pour que l'exploitation forestière soit compatible avec la conservation des fonctions des terres humides.

(1) ***Des standards élevés de construction de routes***, assorties de mesures adéquates de drainage et de l'ensemencement des déblais et remblais devraient être la norme. Quelle que soit la classe de chemin, les conséquences sur l'environnement du franchissement d'un cours d'eau constituant un habitat aquatique précieux sont équivalents (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario 1990). Similairement, l'impact global d'une route est affecté par les mesures appliquées à tous les franchissements de cours d'eau; les mesures de protection de l'environnement étant exigées, quelle que soit la dimension du cours d'eau.

(2) Les ***systèmes de classification des stations forestières*** des terres humides sont particulièrement importants. Les classifications forestières actuelles ne couvrent souvent qu'une partie des stations en milieu humide. Ces classifications devraient s'étendre à l'ensemble du territoire et couvrir les terres humides ouvertes et boisées non commerciales. Les organismes fédéraux et provinciaux devraient élaborer ces classifications avec le concours des opérateurs forestiers, des biologistes et des spécialistes des interelations entre la forêt et les caractéristiques de la station. Les classifications doivent être étayées par des inventaires de la flore et de la faune de ces milieux. Ceci favorisera l'élaboration de traitements sylvicoles spécifiques et de mesures appropriées de protection des terres humides.

(3) Les ***opérations de coupe devraient être planifiées avec soin***, en s'appuyant sur des connaissances fiables des types de stations. La connaissance de la répartition des types de stations permet aux planificateurs de préparer, en conséquence, des calendriers de coupe visant à minimiser les dommages au site.

(4) La ***coupe hivernale*** est une méthode éprouvée qui devrait être utilisée lorsque nécessaire, pour minimiser les dommages au site. En circulant sur les surfaces gelées ou protégées par une couverture de neige, on évite l'orniérage et le tassement du sol, et on réduit également les dommages infligés à la régénération préétablie (Jeglum *et al.* 1983; Groot 1987; Groot 1992). Les routes d'hiver réduisent le potentiel de perturbation du sol et du drainage naturel ainsi que le taux d'érosion aux passages des cours d'eau. Cependant, l'adoption, par l'industrie forestière, de machines exerçant une faible pression sur le sol permet d'accéder davantage aux zones les plus humides durant les périodes sans gel. Ceci peut engendrer des dommages plus grands aux stations (Groot 1992). Lorsqu'il est impossible d'éviter les travaux en période estivale, il est très utile de posséder des renseignements propres aux stations afin de sélectionner les moins fragiles. On devrait également utiliser des équipements exerçant peu de pression sur le sol lorsque les opérations estivales sont requises.

(5) Le personnel qui, dans l'industrie, est chargé de la planification et de la supervision des opérations forestières, devrait être ***informé*** des différentes valeurs des terres humides, afin d'en tenir compte dans la délimitation et la localisation des assiettes de coupe. Les organismes gouvernementaux, les organisations non gouvernementales de même que l'industrie devraient participer à cet effort d'éducation.

(6) Les *opérateurs d'équipements* devraient posséder une *formation* suffisante pour reconnaître les stations fragiles et éviter les pratiques nuisibles (Groot 1987). Un bon opérateur fait plus pour la conservation du milieu que l'utilisation d'équipements adaptés, mais opérés avec négligence (Groot 1992).

(7) *L'industrie forestière devrait faire appel à des experts* afin de bien tenir compte des fonctions des terres humides dans la planification et l'exécution des opérations forestières. Plusieurs compagnies font appel à des biologistes. Il serait souhaitable que ces spécialistes s'échangent des renseignements et collaborent à la recherche, dans le but d'améliorer les méthodes de conservation des milieux humides.

(8) Les *projets mixtes de conservation des habitats,* comme celui de Plan conjoint des habitats de l'Est de l'Upper Humber et du Projet forestier et faunique de la rivière Saint Mary, devraient être multipliés. Ils offrent aux compagnies, aux agences gouvernementales et aux groupes de conservation d'excellentes occasions de mettre leurs ressources en commun. Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine constitue un moyen de chapeauter le développement de nouveaux projets innovateurs. L'objectif de ce plan ambitieux est de restaurer, à la grandeur du continent, les populations de la sauvagine. L'aménagement rationnel des terrains forestiers fait partie intégrante de la réussite du plan et, à cette fin, la contribution de l'industrie forestière est importante.

(9) La *recherche-développement* sur la machinerie exerçant une faible pression sur le sol et sur les modes de coupe, comme celle effectuée par l'Institut canadien de génie forestier (Mellgren et Heidersdorf 1984; Gingras *et al.* 1991) doit se poursuivre.

Les mesures de conservation des terres humides ne doivent pas restreindre indûment les opérations forestières et elles ne sont pas susceptibles d'augmenter de manière significative les coûts de l'industrie. Beaucoup de solutions créatives aux problèmes de conservation sont déjà appliquées au Canada et à l'étranger. L'application élargie des techniques éprouvées contribuera à la conservation de ces habitats vitaux.

---

(10) Les *codes de pratique et les normes d'aménagement forestier* devraient inclure des éléments adaptés à chaque région pour assurer la conservation des terres humides.

(11) La conception *des zones tampons et des bandes riveraines de filtration* exige une profonde réflexion. On devrait tenir compte des caractéristiques de chaque station plutôt que d'appliquer des normes similaires à de vastes régions. La mortalité des arbres et le chablis dans les zones tampons représentent un problème potentiel pour la stabilité des berges et la qualité de l'eau. Il peut être préférable de décider sur place, en fonction des caractéristiques du site, des dimensions des zones tampons. La décision doit être basée prioritairement sur les besoins pour valoriser les ressources aquatiques et terrestres (Garland 1987). L'analyse de l'habitat à l'échelle du paysage et l'aménagement intégré de la matière ligneuse et de la faune, tels qu'ils sont pratiqués dans le Programme d'aménagement des habitats des terrains forestiers du Nouveau-Brunswick ou dans le Projet d'aménagement forestier et faunique du

Manitoba, feront davantage pour la conservation des terres humides et de la faune que le maintien de bandes uniformes de végétation le long des rives.

(12) Il faudrait entreprendre *l'évaluation environnementale de certains projets de drainage sylvicole* afin d'en identifier les conséquences possibles et de proposer les mesures de mitigation appropriées (Rosen 1989; Jeglum 1991b). L'application de mesures générales risque d'être moins efficace pour réduire les effets du drainage que l'utilisation de moyens spécifiques adaptés à chaque site. En limitant la superficie totale drainée à l'intérieur d'un bassin hydrographique, on pourrait également réduire le risque d'impact sur la qualité de l'eau (Berry 1991b). Les aménagistes devraient prendre des précautions, particulièrement vis-à-vis l'application d'engrais sur les stations drainées. Il faudrait éviter l'eutrophisation des terres humides dans les cas où les associations végétales sont susceptibles d'en souffrir (Wisheu *et al.* 1990).

Références

Association canadienne de la tourbe de sphaigne. 1990. *Politique de conservation et de réaménagement.* St. Albert (Alberta).

Association canadienne des pâtes et papiers. 1992. *Énoncé sur la foresterie. Les terres humides.* L'un des énoncés sur la gestion des forêts au Canada préparés par l'Association canadienne des pâtes et papiers au nom de l'industrie canadienne des pâtes et papiers. Montréal (Québec).

Baker, E. 1991. *Mississippi's Best Management Practices for Wetlands.* Mississippi Forestry Commission. Jackson (Mississippi).

Berry, G.J. 1991a. *Hydrology of Drained and Undrained Black Spruce Peatlands: Streamflow and Hydrologic Balance.* Forestry Canada, Ontario Region. Canada-Ontario Forest Resources Development Agreement. Rapport nº 3317. Sault Ste-Marie (Ontario).

Berry, G.J. 1991b. *Surface-water quality of drained and undrained black spruce peatlands.* Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. Volume 1 — Peatland Forestry. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Bonar, R.L. 1991. *The Weldwood Hinton Timber-Wildlife Integrated Management Project.* Dans Compte rendu, WILDFOR '91, Wildlife and Forestry: Towards a working partnership. Le 7-10 octobre 1991. Jasper (Alberta). Canadian Society of Environmental Biologists et l'Association canadienne des pâtes et papiers. Montréal (Québec).

Bond, W.K., K.W. Cox, T. Heberlein, E.W. Manning, D.R. Witty et D.A. Young. 1992. *Guide d'évaluation des terres humides : rapport final du project «Les terres humides ne sont pas des terres de désolation».* Communication nº 1992-1 de la Série de communications des terres humides durables. Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada). Ottawa (Ontario).

Camozzi, A. 1991. *St. Mary's River Forestry-Wildlife Project: Stream Protection and Forwarder Operations.* Vidéo. Seabright Video Productions. Antigonish (Nouvelle-Écosse).

Champion International Corporation. 1989. *Escambia River Management Guidelines.* Rapport final, Escambia River Study Team. Cantonment (Floride).

Corner Brook Pulp and Paper Limited. 1991. *Corner Brook Watershed Harvesting Guidelines.* Corner Brook (Terre-Neuve).

deGroot, R.S. 1988. *Environmental Function: An Analytical Framework for Integrating Environmental and Economic Assessment.* Présentation, Workshop on Integrating Environmental and Economic Assessment: Analytical and Negotiating Approaches. Canadian Environmental Assessment Research Council. Vancouver (Colombie-Britannique).

Dorval, H. 1993. Communication personelle avec Hélène Dorval, Chef — techniques forestières et environnementales, Domtar Inc. Le 21 mai 1993.

Ecological Services for Planning Ltd. 1987. *Harvesting and Regeneration Option Pboto Guide.* Guelph (Ontario).

Environnement Canada. 1986. *Terres humides du Canada - une ressource à conserver.* Direction générale des terres. Environnement Canada. Feuillet nº 86-4. Ottawa (Ontario).

Environnement Canada et United States Department of the Interior. 1986. *Le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine - une stratégie pour la cooperation.* Ottawa (Ontario) et Washington (D.C).

Filion, F.L. 1988. *Managing for Sustainable Development: The Strategic Role of Economic and Social Aspects of Wildlife.* Dans Compte rendu, Deuxième International Wildlife Symposium. The Wildlife Society of Mexico. Mexico (Mexique).

Garland, J.J. 1987. *Aspects of practical management in the streamside zone.* Dans Streamside Management: Forestry and Fishery Interactions. Edité par E.O. Salo et T.W. Cundy. College of Forest Resources, University of Washington. Contribution nº 57. Seattle (Washington).

Georgia Forestry Association. 1990. *Best Management Practices for Forested Wetlands in Georgia.* Wetlands Committee, Georgia Forestry Association. Macon (Georgia).

Gillespie, D.I, H. Boyd, et P. Logan. 1991. *Des zones humides pour la planète : Sites Ramsar du Canada.* La Convention Ramsar sur les milieux humides d'importance internationale especialement pour la sauvagine. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Gingras, J.-F., D. Cormier, J.C. Ruel et D. Pin.. 1991. *Comparative Study of the Impact of Three Skidding Methods on Advance Regeneration.* Forest Engineering Research Institute of Canada, Technical Note TN-163. Pointe-Claire (Québec).

Gouvernement du Canada. 1991. *La Politique fédérale sur la conservation des terres humides.* Ottawa (Ontario).

Groot, A. 1987. *Silvicultural Consequences of Forest Harvesting on Peatlands: Site Damage and Slash Conditions.* Great Lakes Forestry Centre, Service canadien des forêts. Rapport d'information nº O-X-384. Sault Ste-Marie (Ontario).

Groot, A. 1992. Communication personelle avec Dr. Art Groot, Forêts Canada, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste-Marie (Ontario). Le 30 septembre 1992.

Groupe de travail national sur les terres humides. 1986. *Canada — les terres humides.* Atlas national du Canada, Cartes. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada.* Série de la classification écologique du territoire, nº 24. Direction du developpement durable Environnement Canada, Ottawa (Ontario) et Polyscience Publications Inc., Montréal (Québec).

Haavisto, V.F. et J.K. Jeglum. 1991. *Peatland potentially available for forestry in Canada.* Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Haavisto, V.F., J.K. Jeglum et A. Groot. 1988. *Management practices — black spruce ecosystem.* Dans The Ecology and Management of Wetlands, Volume 2: Management, Use and Value of Wetlands. Edité par D.D. Hook *et al.* Croom Helm, Sidney and London, Timber Press. Portland (Oregon).

Habitat faunique Canada. 1992. *Wildlife Habitat Canada 1991-1992 Annual Report.* Ottawa (Ontario).

Hånell, B. 1991. *Peatland forestry in Sweden.* Dans Compte rendu Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Heikurainen, L. et P. Pakarinen. 1982. Mire Vegetation and Site Types. Dans *Peatlands and their Utilization in Finland.* Finnish Peatland Society. Helsinki (Finland).

Hillman, G.R. 1991. *The Canada-Alberta Wetlands Drainage and Improvement Program for Forestry: An Update.* Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Ice, G.G. et A.A. Lucier. 1990. *The NCASI Forested Wetlands Environmental Research Program*. Dans National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc. Best Management Practices for Forest Wetlands: Concerns, Assessment, Regulation and Research. NCASI Technical Bulletin nº 583. New York (New York).

James, R.D. 1984. *Habitat Management Guidelines for Cavity-nesting Birds in Ontario*. Ontario Ministry of Natural Resources, Wildlife Branch. Toronto (Ontario).

James, R.D. 1985. *Habitat Management Guidelines for Birds of Ontario Wetlands, Including Marshes, Swamps and Fens or Bogs of Various Types*. Ontario Ministry of Natural Resources, Wildlife Branch. Toronto (Ontario).

Jeglum, J.K. 1989. Vegetation-habitat changes caused by damming a peatland drainageway in northern Ontario. *The Canadian Field-Naturalist* 89(4): 400-412.

Jeglum, J.K. 1991a. *Peatland forestry in Canada: An overview*. Dans Compte rendu, Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edité par B. Hånell. Le 7-13 septembre 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea (Sweden).

Jeglum, J.K. 1991b. *The Wally Creek Area Forest Drainage Project in Ontario's Clay Belt: Progress Report*. Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Jeglum, J.K. 1993. Communication personelle avec Dr. John Jeglum, Fôrets Canada, Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste-Marie (Ontario). Le 12 janvier 1993.

Jeglum, J.K., J.F. Haavisto et A. Groot. 1983. *Peatland forestry in Ontario: An overview*. Dans Compte rendu, Symposium '82, Peat and Peatlands. Edité par Sheppard, J.D., J. Musial et T.E. Tibbetts. Le 12-15 septembre 1982. Gouvernement du Canada, Gouvernement du Nouveau Brunswick, Economic Expansion Commission of the Peninsula Inc., et Canadian National Committee, International Peat Society. Shippagan (Nouveau Brunswick).

Joensuu, S. 1991. *Protection of watercourses from peatlands utilized for forestry: sedimentation ponds*. Dans Compte rendu, Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edité par B. Hånell. Le 7-13 septembre 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research, Umea (Sweden).

Jones, R.K., G. Pierpoint, G.M. Wickware, J.K. Jeglum, R.W. Arnup, et J.M. Bowles. 1983. *Field Guide to Forest Ecosystem Classification for the Clay Belt, Site Region 3e*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Maple (Ontario).

Keddy, P.A. 1990. *Water level fluctuations and wetland conservation*. Dans Compte rendu, International Symposium on Wetlands of the Great Lakes: Protection and Restoration Policies — Status of the Science. Edité par J. Kusler et R. Smardon. Le 16-18 mai 1990. Niagara Falls (New York).

Laiho, R. et J. Laine. 1991. *Post-drainage nutrient stores in peat*. Dans Compte rendu, Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edité par B. Hånell. Le 7-13 septembre 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea (Sweden).

Lindsay, D. 1993. Communication personelle avec Dave Lindsay, biologiste, Integrated Resource Analysis Section, Fletcher Challenge Canada Limited, Crofton (Colombie-Britannique). Le 21 mai 1993.

Lynch-Stewart, P., C.D.A. Rubec, K.W. Cox, et J.H. Patterson. 1993. *Un processus en pleine évolution : les politiques sur la conservation des terres humides au Canada*. Conseil nord-américain de conservation des terres humides (Canada). Rapport nº 93-1. Ottawa (Ontario).

Manitoba Department of Natural Resources, Abitibi Price Inc., REPAP Manitoba, Habitat faunique Canada, Fôrets Canada et Manitoba Habitat Heritage Corporation. 1992. *Forests and Wildlife: A Sustaining Partnership*. Feuillet sur le Manitoba Forestry/Wildlife Management Project. Winnipeg (Manitoba).

Maryland Department of Natural Resources. 1992. *Maryland's Guide to Forest Harvest Operations and Best Management Practices*. Resource Conservation Service, Forestry Division, Maryland Department of Natural Resources. Annapolis (Maryland).

McCubbin, R.N., A.B. Case, D.A. Rowe et D.A. Scruton. 1990. *Resource Road Construction: Fish Habitat Protection Guidelines*. Pêches et Océans Canada. St-Jean (Terre-Neuve).

Meilgren, P.G. et E. Heidersdorf. 1984. *The Use of High Flotation Tires for Skidding in Wet and/or Steep Terrain*. Forest Engineering Research Institute of Canada. Rapport technique nº TR-57. Pointe-Claire (Québec).

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1988a. *Timber Management Guidelines for the Protection of Fish Habitat*. Direction de la pêche. Toronto (Ontario).

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1988b. *Timber Management Guidelines for the Provision of Moose Habitat*. Direction de la faune. Toronto (Ontario).

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1990. *Environmental Guidelines for Access Roads and Water Crossings*. Toronto (Ontario).

Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. 1991. *Code of Practice for Timber Management Operations in Riparian Areas*. Toronto (Ontario).

Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 1989. *Guide sur le drainage sylvicole*. Québec (Québec).

Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 1990. *Modèles de l'aménagement des forêts — un guide*. Québec (Québec).

Moore, D.R.J., P.A. Keddy, C.L. Gaudet et I.C. Wisheu. 1989. Conservation of wetlands: do infertile wetlands deserve a higher priority? *Biological Conservation*. Vol. 47.

National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement, Inc. 1990. *Best Management Practices for Forest Wetlands: Concerns, Assessment, Regulation and Research*. NCASI Technical Bulletin nº 583. New York (New York).

Newfoundland Department of Forestry and Agriculture, et Newfoundland Forest Service. 1992. *Environmental Protection Guidelines for Timber Management*. St-Jean (Terre-Neuve).

North American Waterfowl Management Plan Committee. 1989. *North American Waterfowl Management Plan: 1989 Annual Report*. Environnement Canada, Ottawa et U.S Department of the Interior, Washington (D.C.).

North Carolina Department of Environment, Health and Natural Resources. 1990. *Best Management Practices for Forestry in the Wetlands of North Carolina*. Raleigh (North Carolina).

Nova Scotia Department of Lands and Forests. Non daté. *Forest/Wildlife Guidelines and Standards for Nova Scotia*. Kentville (Nouvelle-Écosse).

Pelletier, F. (éd.). 1991. *Les Enseignements; Forum Environnement — Machinerie Lourde*. Le 6-8 mars 1991. Ministère des Forêts du Québec. Québec (Québec).

Racey, G.D., T.S. Whitfield et R.A. Sims. 1989. *Northwestern Ontario forest ecosystem interpretations*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, District Nord-ouest. Rapport technique nº 46. Toronto (Ontario).

Reinikainen, A. 1991. *The peatland ecosystem in change*. Dans Compte rendu, Seminar on Biomass Production and Element Fluxes in Forested Peatland Ecosystems. Edité par B. Hånell. Le 7-13 septembre 1990. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Site Research. Umea (Sweden).

Rosen, M.R. 1986. *Peatland Forestry in Ontario*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Bureau du district de Cochrane. Cochrane (Ontario).

Rosen, M.R. 1989. *Forest Drainage Manual*. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Science and Technology Series, Volume 3. Toronto (Ontario).

Rossman, R. et M.J. Phillips. 1991. *Minnesota Forestry Best Management Practices Implementation Monitoring: 1991 Pilot — Forestry Field Audit, Final Report*. Minnesota Department of Natural Resources, Division of Forestry. St. Paul (Minnesota).

Smith, C. 1992. Communication personelle avec Chris Smith, REPAP Manitoba, The Pas (Manitoba). Septembre 1992.

Soper, L.R. 1990. *Pre-Development Assessment: Upper Humber Eastern Habitat Joint Venture Project*. Newfoundland and Labrador Department of Environment and Lands, Wildlife Division. Pasadena (Terre-Neuve)

South Carolina Forestry Commission. Undated. *Best Management Practices for South Carolina's Forest Wetlands*. Charleston (South Carolina).

Trettin, C.C., R.D. Misiak et J.R. Johnson. 1991. *Effects of prescription forest drainage on tree growth and wildlife in northern Michigan*. Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Trottier, F. 1991a. *Prescriptions and programs for forest drainage in Quebec*. Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

Trottier, F. 1991b. *Draining wooded peatlands: expected growth gains*. Dans Compte rendu, Symposium '89, Peat and Peatlands, Diversification and Innovation. Volume 1 — Peatland Forestry. Edité par J.K. Jeglum et R.P. Overend. The Canadian Society for Peat and Peatlands. Québec (Québec).

United States Forest Service *et al.* Sans date. *Water Quality in Forest Management: Best Management Practices in Minnesota*. Minnesota Pollution Control Agency and Minnesota Department of Natural Resources, Division of Forestry. St. Paul (Minnesota).

Vompersky, S.E., N.A. Nazarov et A.A. Sirin. 1992. The effect of forest drainage on river runoff. Dans *Peatland Ecosystems and Man: An Impact Assessment*. Edité par O.M. Bragg, P.D. Hulme, H.A.P. Ingram et R.A. Robertson. Department of Biological Sciences, University of Dundee. Dundee (Écosse).

Wisheu, I.C., P.A. Keddy, D.R.J. Moore, S.J. McCanny, et C.L. Gaudet. 1990. *Effects of eutrophication on wetland vegetation*. Dans Compte rendu, International Symposium on Wetlands of the Great Lakes: Protection and Restoration Policies. Le 16-18 mai 1990. Edité par J. Kusler et R. Smardon. Niagara Falls (New York).

Série de communications sur les terres humides durables

Communication nº 1992-1. ***Guide d'évaluation des terres humides. Rapport final du projet les terres humides ne sont pas des terres de désolation.*** Par W.K. Bond, K.W. Cox, T. Heberlein, E.W. Manning, D.R. Witty, et D.A. Young. Publié en partenariat avec Habitat faunique Canada et le Service canadien de la faune, Environnement Canada. 139 p.

Communication nº 1992-2. ***Aucune perte nette : mise en oeuvre d'objectifs «aucune perte nette» pour la conservation des terres humides au Canada.*** Par P. Lynch-Stewart. Publié en partenariat avec le Service canadien de la faune, Environnement Canada. 44 p.

Communication nº 1992-3. ***L'extraction de la tourbe et l'environnement au Canada.*** Par D. Keys. Publié en partenariat avec l'Entente de coopération Canada-Nouveau-Brunswick sur l'exploitation minérale et l'Association canadienne de la tourbe de sphaigne. 29 p.

Communication nº 1992-4. ***Ce n'est pas un cadeau : les terres écosensibles et la fiscalité.*** Par M. Denhez. Publié en partenariat avec la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 61 p.

Communication nº 1993-1. ***Les terres humides : un hymne à la vie. Rapport final du Groupe de travail canadien sur la conservation des terres humides.*** Par K.W. Cox. Publié en partenariat avec la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie. 73 p.